

**Межгосударственная координационная водохозяйственная комиссия
Центральной Азии (МКВК)**

Канадское агентство международного развития (CIDA)

Университет МакГилл

Центр Брейса по управлению водными ресурсами

Изменение климата: вопросы и ответы

Публикации Тренингового центра МКВК.
Выпуск 13

Ташкент 2006

VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM

Дорогие читатели!

Предлагаемая вашему вниманию брошюра - тринадцатая в серии «Публикации Тренингового центра МКВК».

Брошюра рассчитана на слушателей Тренингового центра МКВК, специалистов-практиков водного хозяйства, студентов высших учебных заведений соответствующего профиля.

Переводы, представленные в данном сборнике, являются неофициальным.

Составитель **Беглов И.Ф.**

В ВЫПУСКЕ:

ЧАСТО ВСТРЕЧАЮЩИЕСЯ ВОПРОСЫ ПО КЛИМАТИЧЕСКИМ ИЗМЕНЕНИЯМ

Г. Хенгевельд, Э. Буш, П. Эдвардс 4

УРАГАН «КАТРИНА» РАЗВЕЯЛ МИФ ОБ УЯЗВИМОСТИ К КЛИМАТУ И ПОГОДЕ

М. Глянц 44

КЛИМАТ ПРЕПОДНОСИТ СЮРПРИЗЫ, КОТОРЫЕ НАС УЖЕ НЕ УДИВЯТ

М. Глянц 46

КАК ГЛОБАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ ПОВЛИЯЕТ НА МОЙ МИР? 50

ГЛОБАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ: ЧТО ДЕНЬ ГРЯДУЩИЙ НАМ ГОТОВИТ?

Н. Данилов..... 70

ПОТЕПЛЕНИЕ УЖЕ РЯДОМ

А. Весна 74

ЧАСТО ВСТРЕЧАЮЩИЕСЯ ВОПРОСЫ ПО КЛИМАТИЧЕСКИМ ИЗМЕНЕНИЯМ

Г. Хенгевельд, Э. Буш, П. Эдвардс

Метеорологическая Служба Канады

Канадцы часто задают вопросы, которые свидетельствуют о путанице в отношении многих аспектов науки о климатических изменениях и соответствующих исследований. Эта путаница дополняется противоречивыми аргументами, выдвигаемыми скептиками, которые не подтверждены научными данными, но часто подаются средствами массовой информации как «строгие научные». В настоящем документе рассматриваются некоторые вопросы и аргументы с целью дать простой ответ и более подробные разъяснения. Ответы основаны на фундаментальных, общепринятых принципах физики, на информации, содержащейся в отчетах Международной комиссии по климатическим изменениям за 1990-2001 гг. и недавних научных статьях. Диаграммы и ответы, содержащие конкретные цифры, имеют ссылки на источник.

А.Общий обзор: Что такое климатические изменения?

А.1 Что такое климат и чем он отличается от погоды?

Ответ: Климат описывает среднесуточную погоду, включая сезонные экстремальные значения и вариации для конкретной местности или региона. Во многих отношениях, климат это то, что мы ожидаем, а погода, это то, что мы имеем.

Разъяснения: Погода в какой-либо местности или регионе может меняться быстро ежедневно и ежедневно, от сезона к сезону и из года в год даже при неизменном климате. Такие изменения включают сдвиг в температуре, осадках, ветре и облачности. Они вызываются рядом факторов, включая быструю циркуляцию воздуха, медленные изменения условий в океане или сезонные изменения солнечного сияния. Климат местности или региона вычисляется осреднением погодных условий за продолжительный промежуток времени, как минимум за 30 лет. Климат также описывает, как погодные значения отклоняются от средних величин. Такие колебания описываются в статистике как стандартные отклонения или частота повторяемости.

А.2 Что такое изменение климата?

Ответ: Климатическим изменением называют долгосрочный сдвиг или изменение климата данной местности, региона или планеты в целом. Сдвиг измеря-

ется изменением некоторых или всех характеристик, соотносимых со средней погодой, таких как температура, скорость и направление ветра и осадки. Изменение изменчивости климата также рассматривается как изменение климата, даже если средние погодные условия остаются неизменными.

Разъяснения: Климатические изменения имеют место, когда климат данной местности, региона или планеты изменился между двумя различными периодами времени. Это обычно происходит, когда имеют место изменение солнечной энергии, поглощаемой земной атмосферой и поверхностью, или количества тепловой энергии, излучаемой землей в атмосферу за продолжительный период времени. Такие изменения могут повлечь за собой как изменение средних погодных условий, так и отклонение погоды от средних условий. Эти изменения могут быть вызваны природными процессами вроде вулканической деятельности, снижения солнечной активности, или изменениями в циркуляции океана или земной поверхности в течение десятилетий, столетий и более длительного периода. Человечество также может вызывать климатические изменения за счет эмиссии парниковых газов и аэрозолей в атмосферу, изменяя земную поверхность или истощая озоновый слой. Естественные и искусственные факторы, вызывающие изменения климата, называются «движущими силами климата», поскольку они заставляют климат сдвигаться на новые величины.

А.3 Какова разница между изменением климата и глобальным потеплением?

Ответ: Изменения климата относятся к общим сдвигам климата, включая температуру, осадки, ветер и другие факторы. Они могут изменяться от региона к региону. С другой стороны, глобальное потепление (также, как и глобальное похолодание) относится к любому изменению средней глобальной температуры поверхности. Другими словами, глобальное потепление или похолодание являются однотипными глобальными изменениями. Глобальное потепление часто понимается так, как если бы произошло равномерное потепление на всем земном шаре. Фактически, повышение средней глобальной температуры вызовет также изменения атмосферной циркуляции, приводя к повышению температуры выше средней в одном месте и ниже средней в другом. В некоторых районах может даже стать холоднее.

Разъяснения: Первоначальной реакцией земной атмосферы на «сдвиг климата» является изменение потока солнечной и тепловой энергии через атмосферу, что вызывает изменение температуры на поверхности земли, в атмосфере и в мировом океане. Однако, эти изменения происходят быстрее на суше, чем в воде и могут вызвать изменение многих других аспектов климата. Например, более высокая температура вызывает более интенсивное испарение, большую влажность воздуха, изменение облачности и осадках, более интенсивное таяние снега и льда, изменения ветра и океанских течений. Многие из этих вторичных эффектов оказывают влияние на температуру, приводя к сложному взаимодействию различных процессов, что может привести к повышению температуры в одних регионах и понижению в других. Другими словами, движущие силы, вызывающие глобальное потепление, заставляют климат меняться сложным путем. Следовательно, термин «климатические изменения» является более точ-

ным описанием реакции климатической системы на движущие силы. К сожалению, хотя это может ввести в заблуждение, средства массовой информации часто используют термин «глобальное потепление» для описания климатических изменений.

А.4 Что такое «парниковый эффект» и как он влияет на климат?

Ответ: парниковый эффект описывает роль атмосферы в защите планеты от потерь тепла подобно одеялу на нашей кровати, которое предотвращает потерю тепла нашим телом. Малые концентрации парниковых газов в атмосфере, которые вызывают этот эффект, позволяют солнечным лучам проникать через атмосферу и нагревать планету. Однако, эти газы поглощают большую часть тепловой энергии, излучаемой землей. Это сохраняет поверхность земли более нагретой, чем в отсутствии этих газов. Этот процесс называют «парниковым эффектом», поскольку он напоминает роль стекла в теплице.

Разъяснение: Земля обогревается солнцем. Хотя озон стратосферы поглощает большую часть вредного ультрафиолетового спектра солнечного излучения, большая часть энергии солнца проникает сквозь атмосферу, не подвергаясь воздействию других газов атмосферы. Около 31% солнечного излучения отражается обратно в пространство тучами земной поверхностью, но оставшаяся часть нагревает земную поверхность, океаны и атмосферу. Однако, для сохранения энергетического баланса атмосферы, нагретая земля также выделяет тепловую энергию в пространство в виде инфракрасного излучения. Поскольку эта энергия направлена вверх, большая ее часть поглощается тучами и молекулами парниковых газов (включая водяные пары) в низких слоях атмосферы. Эти слои передают эту энергию Во всех направлениях, как на поверхность земли, так и вверх, в пространство, где другие молекулы могут снова поглотить ее. Этот процесс поглощения и повторной эмиссии повторяется до тех пор, пока вся энергия не исчезнет из атмосферы в космос. Тем не менее, поскольку большая часть энергии повторно используется, температура поверхности земли более высокая, чем если бы парниковые газы отсутствовали в атмосфере. Этот природный процесс известен как «парниковый эффект». Без парниковых газов, таких как водяной пар, двуокись углерода метан и окись азота, средняя температура земли была бы -19°C вместо $+14^{\circ}\text{C}$ или на 33°C ниже. За последние 10 000 лет концентрация парниковых газов в атмосфере оставалась стабильной. Затем, несколько столетий назад, их концентрация начала расти за счет повышения потребления энергии, вызванного индустриализацией и ростом населения, изменением землепользования и ростом городов.

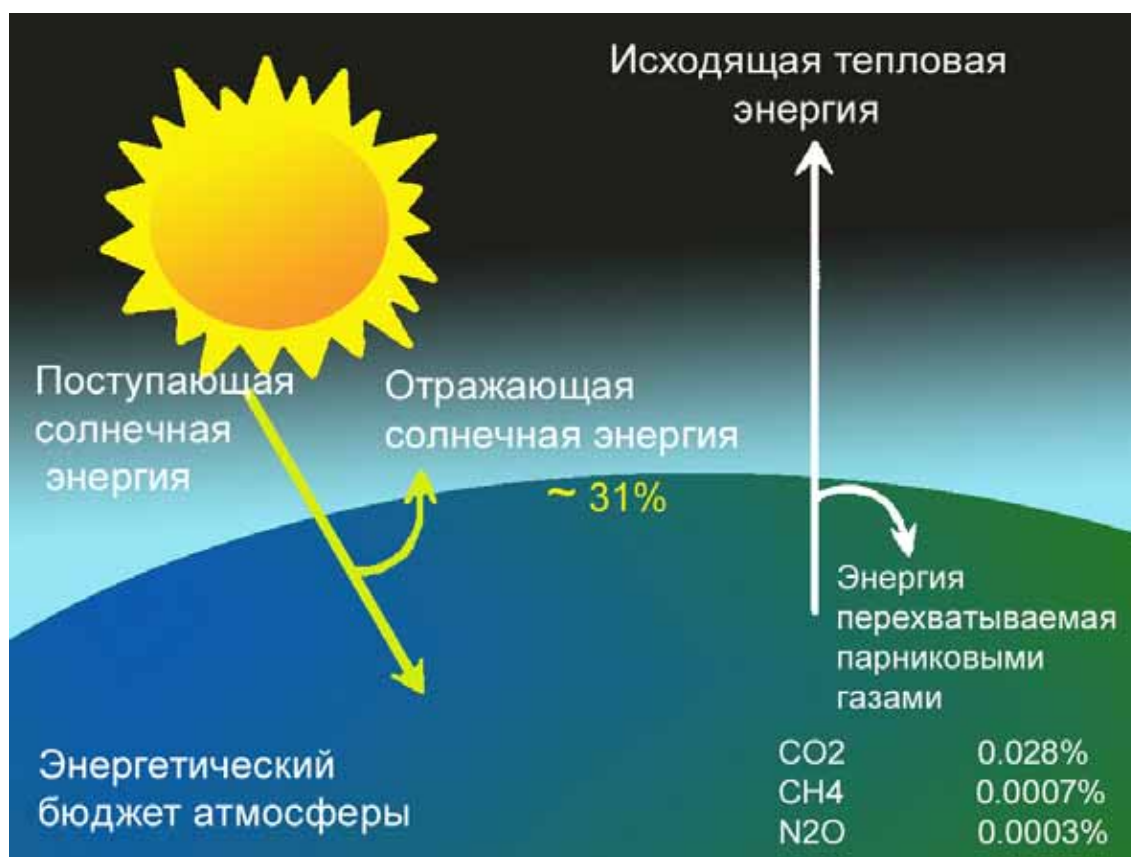


Рис. А.4. Простая диаграмма эффекта парниковых газов. В стабильном климате чистая солнечная энергия, поглощаемая атмосферой, земной поверхностью и океаном, равна чистой тепловой энергии, возвращаемой в пространство.

А.5 Что вызывает изменение климата?

Ответ: Изменение климата может быть вызвано как природными явлениями и процессами, так и человеческой деятельностью. Ключевые природные факторы включают изменение интенсивности солнечного излучения, достигающего земли, и концентрации вулканической пыли, которая отражает солнечные лучи в пространство. Оба эти фактора изменяют количество излучения, поглощаемого земной климатической системой. Человеческое воздействие включает изменение концентрации парниковых газов, разрушение озонового слоя, местное загрязнение воздуха и изменение землепользования. Большинство этих факторов влияет на количество тепловой энергии, отраженной в пространство, хотя некоторые изменяют количество отражаемого земной поверхностью излучения.

Разъяснение: Изменение интенсивности солнечного излучения, достигающего поверхности земли, может вызывать циклы потепления и похолодания, которые являются регулярными чертами исторического климата земли. Некоторые из этих солнечных циклов, наподобие четырех ледниковых и межледниковых периодов на протяжении последних 400 000 лет, могут продолжаться длительное время и иметь большую амплитуду 5-6°C. За последние 10000 лет земля находилась в межледниковом периоде такого цикла. Другие солнечные циклы

значительно короче с 11-летним интервалом солнечных пятен. Однако, магнитуда изменений климата в течение этих периодов значительно меньше по сравнению с длительными циклами. Например, за последние 1000 лет такие изменения укладывались в 1°C . Другие естественные причины изменения климата включают изменения океанских течений (которые могут изменить распределение тепла и осадков), и крупные извержения вулканов (которые могут спорадически повышать концентрацию атмосферных частиц, блокируя солнечные лучи).

Большинство ученых убеждено, что человеческая деятельность также изменяет климат. Основной причиной таких изменений является повышение концентрации парниковых газов в атмосфере. Особенно важным является повышение концентрации двуокиси углерода, которая образуется при сжигании ископаемого топлива (уголь, нефть и природный газ), сведении лесов и деградации земель. Повышение концентрации парниковых газов усиливает парниковый эффект и ведет к повышению средней температуры поверхности земли. На региональном уровне, эмиссия других загрязняющих газов и частиц в атмосферу также может вызвать эффект, хотя некоторые из них могут оказывать обратное воздействие. Копотная аэрозоль, например, может приводить к потеплению регионального климата, тогда как сульфатные аэрозоли могут привести к похолоданию, отражая больше солнечных лучей. Хотя их прямое воздействие будет ощущаться напрямую, прежде всего, в промышленных регионах, эти аэрозоли могут также косвенно изменять среднюю глобальную температуру и направление ветра. И, наконец, человечество вызывает истощение озонового слоя в стратосфере, что также ведет к похолоданию, тогда как изменение землепользования может изменить количество отраженного тепла и вызвать климатические изменения.

А.6 Поскольку парниковые газы (двуокись углерода, метан, окись азота и т.п.) представляют малую долю атмосферных газов, как могут изменения их концентрации влиять на глобальный климат?

Ответ: Большинство парниковых газов эффективно поглощают тепло, излучаемое землей, Достаточно небольшого количества таких газов чтобы существенно изменить свойства атмосферы. Это позволяет эмиссии, воспроизводимой человечеством существенно влиять на климат.

Разъяснение: Сухая атмосфера на 99% состоит из азота и кислорода, которые относительно прозрачны для солнечных лучей и инфракрасной энергии. Следовательно, они мало влияют на прохождение солнечной энергии через атмосферу. Для сравнения, газы, вызывающие парниковый эффект, составляют менее 1% атмосферы. Однако, эти газы (включая водяной пар) поднимают температуру земной поверхности от -14°C до $+14^{\circ}\text{C}$ с разницей в 33°C . Более того, поскольку концентрация этих газов столь мала, эмиссия, производимая человечеством, может повлиять на климат. Например, эмиссия двуокиси углерода, вызванная человеческой деятельностью, составляет около 28 млрд.т в год. Ожидается, что в течение следующего столетия его концентрация возрастет с 0.03% до 0.06% (то есть удвоится), а, возможно, и до 0.09% (то есть утроится). Поскольку образование одной молекулы двуокиси углерода удаляет одну молекулу кислорода, удвоение концентрации двуокиси углерода понизит объем кислорода с

20.95% до 20.92%. То есть, поскольку концентрация кислорода намного больше, влияние человеческой деятельности на его концентрацию невелико.

В. Влияние человеческой деятельности на атмосферу

В.1 Насколько возросла концентрация парниковых газов за последние годы?

Ответ: После начала промышленной революции концентрация CO_2 возросла на 31%, метана – удвоилась, окиси азота – на 17%. Это ясно свидетельствует, что причиной такого повышения является ископаемое топливо, сжигаемое транспортом, тепловыми станциями и т.п. Двуокись углерода насчитывает две трети прогнозируемого повышения за счет парникового эффекта, которое вызвало эти изменения.

Разъяснение: Данные, полученные при исследовании образцов полярного льда, который содержит пузырьки воздуха с продуктами сгорания ископаемого топлива и показывает состояние атмосферы в течение длительного периода в прошлом, показывают, что концентрация двуокиси углерода была очень стабильной в промежутке времени 10000-250 лет тому назад, оставаясь на уровне 260-280 частей на миллион по объему (ppmv). За последние 250 лет она возросла до 370 частей, причем наибольший прирост произошел в последние десятилетия. В то же время, концентрация метана и окиси азота, которая была стабильной последние 10000 лет, возросла на 151 и 17%, соответственно. Концентрация озона в тропосфере также возросла. И, наконец, появились существенные концентрации других газовых примесей, как, например, галоидоуглерод, которые отсутствовали в до-индустриальную эпоху.

В.2 Откуда ученые знают, что накопление парниковых газов происходит благодаря человеческой деятельности?

Ответ: Множество факторов прямо указывает на роль человеческой деятельности в качестве первичного источника концентрации парниковых газов. Например, текущие темпы повышения концентрации хорошо согласуются с темпами эмиссии парниковых газов за счет человеческой деятельности и являются беспрецедентными в истории атмосферы. Более того, тенденции соотношения изотопов углерода, двуокиси углерода и CO_2 в атмосфере совпадают с процессом эмиссии за счет человеческой деятельности. Все это демонстрирует роль человеческой деятельности в повышении концентрации парниковых газов.

Разъяснение: Быстрый рост концентрации парниковых газов в течение последнего столетия совпадает с тенденциями эмиссии за счет человеческой деятельности и является беспрецедентным за последние 420000, а возможно, и 20 миллионов лет. Более того, концентрации молекул CO_2 в атмосфере, содержащих атом радиоактивного углерода, снижается. Это совпадает с ростом концентрации продуктов горения угля, нефти и газа, которые не содержат изотопа углерода-14. Изменения во времени соотношения углерода-13 и углерода-12 в мировом океане также совпадают с темпами эмиссии и меридиональным градиентом концентрации CO_2 в атмосфере. И, наконец, балансовая модель углерода,

которая довольно точно воспроизводит глобальный углеродный цикл, указывает на эмиссию за счет человеческой деятельности. Подобные исследования были предприняты по метану и окиси азота, которые также указывают на роль человеческой деятельности. Однако, точная степень человеческого воздействия не до конца понята, поскольку неопределенности многих биологических процессов формирования природной и искусственной эмиссии. И, наконец, такие газы как галоидоуглерод, и серный гексафлюорит не имеют существенных природных источников. Имеется мнение, что изменения их концентраций полностью вызвано человеческой деятельностью.

В.3 Количество двуокиси углерода, добавляемой ежегодно в атмосферу, является лишь малой долей того, что выбрасывается природными источниками. Как могут наши действия существенно изменить концентрацию двуокиси углерода?

Ответ: В течение тысяч лет огромные природные выбросы двуокиси углерода океанскими и наземными экосистемами почти полностью компенсировались извлечением ее из атмосферы природными процессами фотосинтеза и поглощением океанами. Эмиссии за счет человеческой деятельности нарушили этот баланс. Подобно тому, как растущий финансовый дефицит может привести к накоплению большого долга, этот дисбаланс в течение длительного времени вызвал накопление дополнительного объема двуокиси углерода в атмосфере.

Разъяснение: Искусственная эмиссия двуокиси углерода в атмосферу определяется в 28млрд.т ежегодно, составляя примерно 5% общей эмиссии двуокиси углерода. С поверхности мирового океана ежегодно выделяется 550млн.т. Однако, природная эмиссия компенсируется природными процессами адсорбции, такими как фотосинтез растений, поглощение океаном и т.п. Подобно банковскому счету, изменение концентрации двуокиси углерода в атмосфере (глобальный баланс углерода)определяется чистой разницей между притоком (эмиссии или «источники») и оттоком окиси углерода (отбор или «поглощение»), а не объемом самих потоков. Пробы воздуха из далекого прошлого, в виде пузырьков в толще льда в Гренландии и Антарктиде, показывают, как изменялся этот баланс за последние 420000 лет. В течение до-индустриального периода, в последние 10000 лет межледникового периода концентрация двуокиси углерода колебалась в пределах 1%. Это свидетельствует о том, что концентрация двуокиси углерода была хорошо сбалансирована. Это, вместе с другими фактами, показывает, что дисбаланс был привнесен человеческой деятельностью, что вызвало рост концентрации на 31% за последние несколько столетий. Это, так называемый человеческий «долг» по балансу двуокиси углерода.

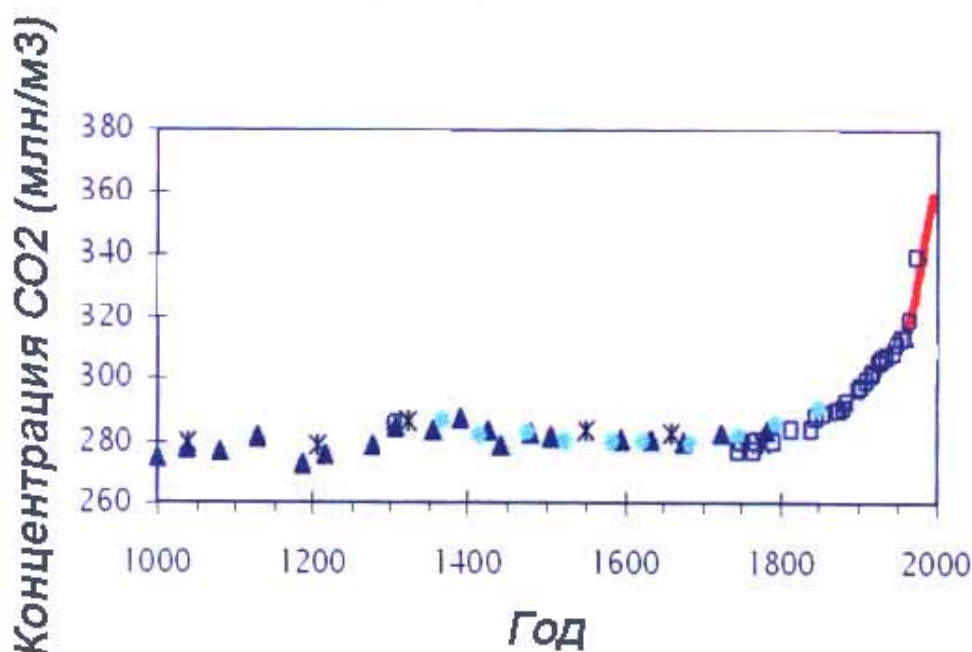


Рис. В.3. До недавнего времени концентрация двуокиси углерода была постоянной и равной 280 частям на миллион объема. Такая же концентрация получена из образцов льда 1000-летнего возраста. Сплошная линия показывает рост концентрации за последние 40 лет

В.4 Не выбрасывают ли вулканы больше двуокиси углерода в атмосферу, чем человеческая деятельность?

Ответ: Нет. В глобальном масштабе вулканы выбрасывают лишь 1% CO₂, вырабатываемого человеческой деятельностью, и не оказывают существенного влияния на его концентрацию в атмосфере. Более того, эмиссия вулканов является частью природного цикла, который сохранял равновесие в течение многих тысячелетий до промышленной революции.

Разъяснение: Последние оценки экспертов-вулканологов Геологической службы США предполагают, что вулканы выделяют 150млн.т CO₂ ежегодно. Для сравнения. Человеческая деятельность приводит к выделению 22млрд.т при сжигании ископаемого топлива и еще 6млрд.т от сведения лесов. Это в 100 раз превышает вулканическую эмиссию. Вулкан Этна в Сицилии является крупнейшим производителем CO₂ (25млн.т в год). Для сравнения, вулкан Сант-Хелен, следующий за Этной, производит 2млн.т.

В.5 Какой вид человеческой деятельности максимально выделяет парниковые газы в атмосферу?

Ответ: Использование ископаемого топлива дает около 70-90% эмиссии от человеческой деятельности. Топливо используется на транспорте, в производстве, при отоплении, охлаждении, производстве энергии и т.п. остальной объем CO₂ вырабатывается землепользованием — фермерством, сельскохозяйствен-

ным и молочным производством и деградацией лесов. Другими источниками являются производство и транспортировка топлива, управление сельскохозяйственными и промышленными стоками.

Разъяснение: каждый год человечество выделяет более 22млрд.т CO₂, сжигая ископаемое топливо. Однако, сведение лесов и их деградация и плохое управление землепользованием добавляют 2-9млрд.т каждый год. Некоторые из этих эффектов компенсируются разведением лесов и хорошим землепользованием. Эмиссия метана происходит как естественно, так и в результате человеческой деятельности. Выращивание риса, отходы животноводства и овцеводства – все это выделяет метан, как и добыча угля, бурение нефтяных скважин и утечки из газопроводов. Окись азота возникает от сжигания топлива, промышленного производства и сельскохозяйственной практики, включая использование химических удобрений. Промышленное производство хлорфлюороуглеродов и других галоуглеродов, используемых в холодильных установках и кондиционировании, также добавляет парниковые газы, но многие из этих источников сейчас постепенно исключаются под влиянием существующих международных соглашений, так как они разрушают существующий озоновый слой. Озон в тропосфере (нижней части атмосферы) еще один важный парниковый газ, выделяющийся промышленностью. Он создается естественно, но также производится в результате реакции атмосферы на окись азота, выделяемую автомобилями и электростанциями. В Канаде около одной трети эмиссии парниковых газов вызвано производством энергии, которая распределяется поровну между производством электричества за счет сжигания топлива и производства угля, нефти, газа на экспорт. Еще 27% производятся транспортировкой товаров и людей грузовиками, легковыми автомобилями, самолетами, поездами, судами и т.п. Производство и строительство выделяют еще 17%, сельское хозяйство -9%. Подобные источники имеются и в других странах, лишь пропорции отличаются из-за типа экономики, культуры и климата.

В.6 Люди производят CO₂ также при дыхании. Должны ли мы перестать дышать, чтобы предотвратить изменение климата?

Ответ: CO₂, выдыхаемый людьми, является частью природного процесса потребления углерода с пищей и выделении при дыхании. Рост продуктов, которые мы потребляем, удаляет часть CO₂ из атмосферы через фотосинтез и другие процессы. Баланс CO₂ в каждом человеке складывается за счет увеличения массы тела. Если после смерти тело человека помещается в землю, углерод, содержащийся в теле, становится долгосрочным запасом.

Разъяснение:

Человек употребляет ежегодно большое количество углерода через пищу, мясо, рыбу. Этот углерод накапливается благодаря фотосинтезу и другим процессам, которые извлекают углерод из атмосферы напрямую или через пищевую цепь (животные, птицы, рыбы). Большая часть углерода выделяется человеком при дыхании. В течение многих лет часть углерода остается в теле человека, накапливая его массу до стабильного состояния. После смерти человека углерод сохраняется в земле. В отличие от животных, человек содержит незначительное количество метана и его вклад ничтожен.

В.7 Как я понимаю, водные пары доминируют в парниковом эффекте. Не делает ли это изменение концентраций других газов несущественным?

Ответ: Нет. Хотя водяной пар составляет две трети естественных парниковых газов, изменение его концентрации зависит от температуры атмосферы и ее влияние на гидрологический цикл. Если повышение концентрации парниковых газов разогревает атмосферу и поверхность, концентрация водяного пара также повышается, усиливая эффект, вызываемый другими парниковыми газами.

Разъяснение: Водяной пар действительно является наиболее мощным парниковым газом в атмосфере. Он создает 60-70% эффекта, на долю CO_2 приходится 25%. Однако, человек не оказывает существенного влияния на концентрацию водяного пара, поскольку она больше зависит от температуры и других атмосферных процессов. Чем выше температура атмосферы, тем больше в ней водяных паров. Повышение температуры поверхности земли также приводит к более интенсивному испарению с поверхности земли и океана. Часть паров возвращается в виде осадков, а часть остается в атмосфере. За последние десятилетия, например, наблюдалось повышение осадков и концентрации водяного пара в атмосфере. Водяной пар оказывает влияние на другие процессы, например, на образование облаков. Большинство ученых согласно с тем, что рост концентрации водяного пара вызывает потепление. Однако, амплитуда этого эффекта зависит от того, где в атмосфере имеет место это потепление. Если это происходит там, где концентрация пара близка к насыщению, дополнительный эффект незначителен. Если это происходит над пустыней или в верхней части тропосферы, эффект может быть значительным. Большинство моделей показывает, что эффект значителен (до 60%). Однако, этот процесс очень сложный и его амплитуда остается одной из ключевых неопределенностей в климатических моделях.

В.8 Не охлаждают ли климат человеческие эмиссии аэрозолей и, следовательно, не компенсируют ли они эффект парниковых газов?

Ответ: Многие виды человеческой деятельности выделяют сульфаты и другие аэрозоли, частицы сжигания биомассы и почвенную пыль. Эти аэрозоли, в дополнение к прямому отражению и поглощению солнечных лучей, могут изменять процессы образования облаков и существенно влиять на региональный климат. Однако, некоторые аэрозоли вызывают потепление, тогда как другие похолодание. Хотя их эффект изучен недостаточно, исследования показывают, что их сложная роль в течение прошлого столетия была значительной, но вторичной по отношению к парниковым газам. Поскольку эмиссия этих аэрозолей сейчас контролируется во многих странах, чтобы снизить уровень загрязнения воздуха, относительный эффект парниковых газов на климат представляется намного более важным чем аэрозолей, особенно в будущем.

Разъяснение: Многие виды человеческой деятельности выделяют как парниковые газы, так и аэрозоли (мелкие твердые частицы и капли). Они включают аэрозоли сульфатов, частицы сжигаемого ископаемого топлива, частицы биомассы от сжигания растительности, минеральную пыль от сельскохозяйственной

деятельности. Некоторые из них поглощают солнечные лучи и нагревают атмосферу, другие, например сульфаты, отражают солнечные лучи и охлаждают атмосферу. Эти аэрозоли могут делать облака ярче и сохранять их дольше. В отличие от долго живущих парниковых газов, аэрозоли существуют в атмосфере в течение нескольких дней или недель; они не распространяются по миру, а остаются в пределах промышленных или сельскохозяйственных регионов. Поэтому их эффект существенен в некоторых регионах; они меняют циркуляцию и характер облачности, а также нагревают или охлаждают локальные участки.

В глобальном плане, похоже, аэрозоли «маскируют» эффект парниковых газов. Если их эмиссию прекратить, они быстро исчезнут и перестанут маскировать эффект парниковых газов. Многие страны уже приняли программы по сокращению их эмиссии для улучшения качества воздуха, и концентрация этих газов в промышленных районах сокращается. Однако, их концентрация продолжает повышаться в других регионах. Эксперты оценивают роль аэрозолей гораздо ниже в сравнении с парниковыми газами в будущее

В.9 Какой еще вид человеческой деятельности влияет на климат?

Ответ: Человечество изменяет климат, уничтожая озоновый слой и изменяя структуру землепользования. Эти эффекты относительно невелики.

Разъяснение: Разрушение озонового слоя позволяет проникновение большего количества ультрафиолетовых лучей в нижние слои атмосферы, но также снижает парниковый эффект, вызываемый озоном. Поскольку последний доминирует, это привело к некоторому похолоданию в последние десятилетия. Ожидается, что разрушение озонового слоя стабилизируется, а в будущем и компенсируется ввиду сокращения выброса веществ, разрушающих озоновый слой, в соответствии с Монреальским протоколом.

Сведение и восстановление лесов, опустынивание, обработка земель, урбанизация изменяют альбедо земной поверхности. Эти эффекты сложны и зависят от времени года. Например, замена лесов пашней в средней полосе снизит альбедо весной и осенью и повысит его зимой (когда поля покрыты снегом). Некоторые исследователи полагают, что это влияние может быть значительным, но другие считают этот эффект локальным.

С. Определение климатических изменений

С.1 Стал ли мир теплее?

Ответ: Да. Средняя глобальная температура земной поверхности по сравнению с 19-м столетием повысилась на 0.6°C.

Разъяснение: Считается, что наиболее точная цифра потепления это 0.6°C при ошибке $\pm 0.2^\circ\text{C}$. Важно отметить, что эта цифра относится к среднему потеплению поверхности. В некоторых регионах потепление в несколько раз выше среднего. Например, в Канаде, среднегодовая температура выросла на 1°C в период с 1895 по 1992гг. Недавние исследования в северном полушарии показали,

что 20-й век является самым теплым, а 90-е годы самым теплым десятилетием. 1998-2001 гг. являются самыми теплыми за прошлое тысячелетие.

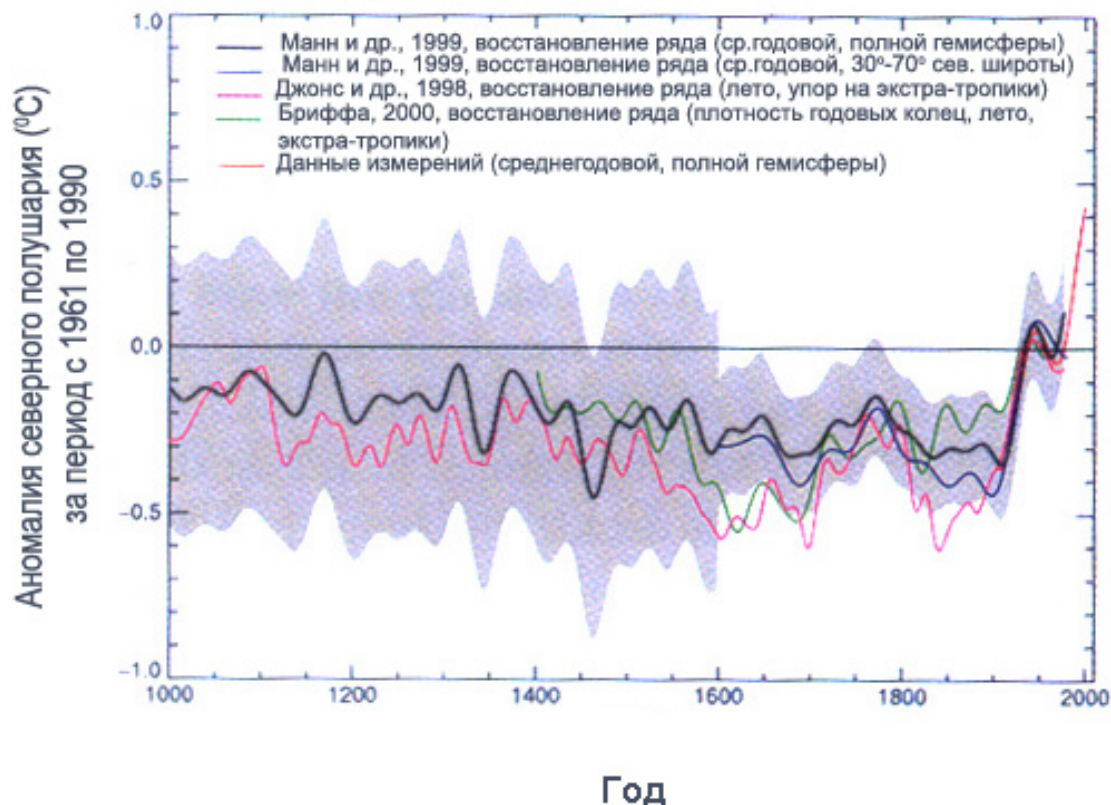


Рис.С.1. Для восстановления температуры за прошлые 1000 лет были использованы данные древесных колец, образцов льда и кораллов. Голубая сплошная линия показывает осредненную температуру в северном полушарии. Красная кривая показывает измеренную на метеостанциях температуру за последние 140 лет. Заштрихованная область показывает возможную ошибку. Исследования в северном полушарии показали, что 20-й век является самым теплым, а 90-е годы самым теплым десятилетием. 1998-2001 гг. являются самыми теплыми за прошлое тысячелетие

С.2 Как ученые узнают, что земля потеплела?

Ответ: Кроме измерений температуры поверхности, есть много других признаков потепления. Например, потепление верхних слоев океана, таяние ледников, отступление морских льдов и снежного покрова, повышение уровня моря, перераспределение многих видов растений и животных.

Разъяснение: Измерения температуры поверхности земли за последние 120 лет показывают хорошую сходимость с данными по кольцам роста деревьев, образцам льда, кораллами и т.п. Все указывает на значительное потепление в течение прошлого столетия. Более того, потепление в северном полушарии в двадцатом веке было беспрецедентным за прошлые 1000 лет. Об этом свидетельствует также уменьшение на 20% снежного покрова с 60-х годов, а также ледяного покрова на озерах, в Арктике на 10-15% и значительное уменьшение тол-

щины морского дна. Повышение уровня мирового океана на 10-20см с 1950г. и уменьшение частоты экстремально низких температур.

С.3 Несмотря на глобальное потепление в 20-м столетии, некоторые ученые доказывают, что текущие средние температуры все еще ниже по сравнению с некоторыми периодами в прошлом, например, в средневековье. Не доказывает ли это, что настоящее повышение объясняется естественными причинами и не должно вызывать беспокойства?

Ответ: Естественные причины, такие как повышение интенсивности солнечного излучения и снижение концентрации вулканического пепла в атмосфере, могли внести вклад в первой половине 20-го века, но не могут объяснить резкого потепления в последние десятилетия. Более того, как показано на рис.С.3, анализ измеренных и других косвенных показателей показывает, что 20-й век был самым теплым, а 90-е годы самым теплым десятилетием. Это приводит к заключению, что за последние 50 лет потепление происходило за счет человеческой деятельности.

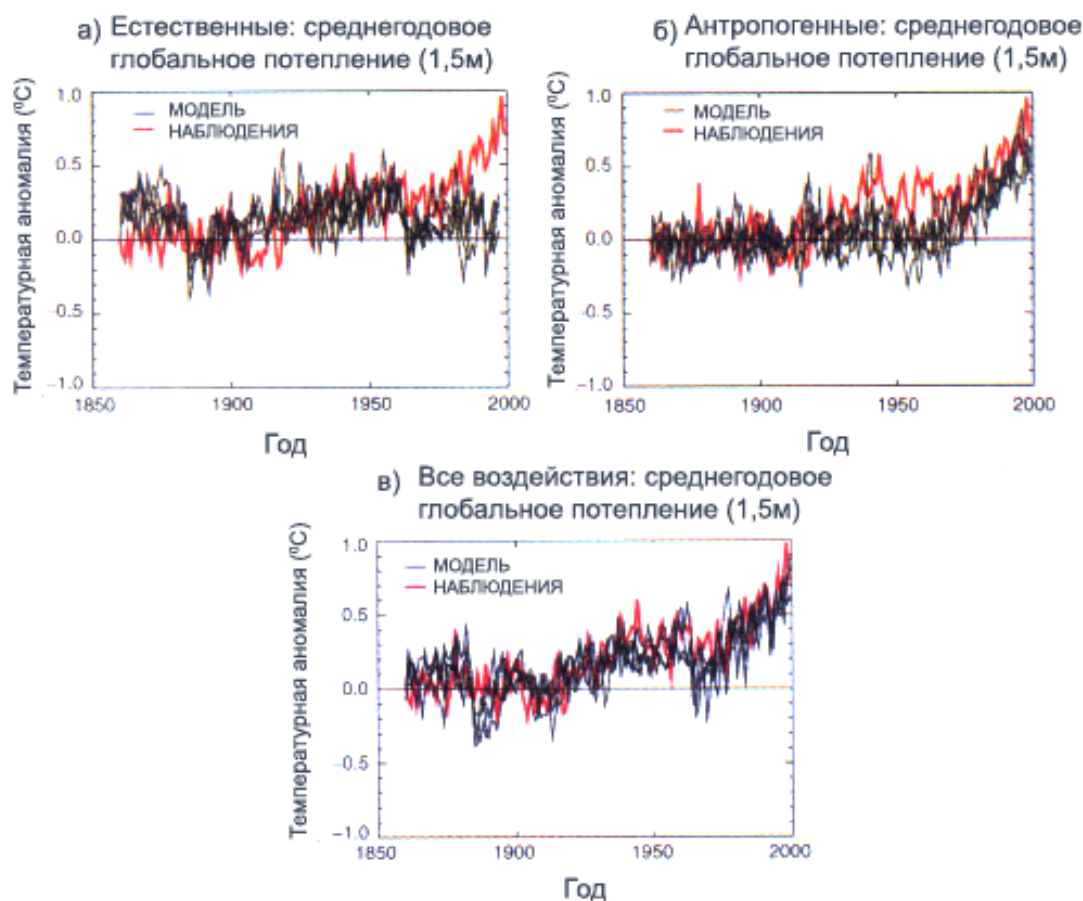


Рис.С.3. Сравнение наблюдаемых изменений средней глобальной температуры поверхности (красная линия) с различными моделями (серая линия): а) солнечная и вулканическая активность, б) человеческая деятельность, в) совместное воздействие природных и человеческих факторов.

Разъяснение: Исследователи собрали косвенную информацию о прошлом климате из разных источников. Все эти данные показывают, что 20-й век является самым теплым, а 90-е годы самым теплым десятилетием. 1998-2001 гг. являются самыми теплыми за прошлое тысячелетие. В средневековье, около 1000 лет назад, тепло было только в районе Северной Атлантики. Следовательно, средняя температура в северном полушарии в тот период была ниже (рис.1). для южного полушария данные слишком сильно разнятся, чтобы делать какие-либо заключения. Однако, палеоклиматологи сделали некоторые сравнения с прошлым. Они пришли к выводу, что в межледниковый период 68 тысяч лет назад температура была примерно на 1°C выше чем сегодня и что она изменялась в течение тысячелетий. Это говорит о том, что сегодняшнее потепление может быть вызвано естественными причинами. Как показано на рис.3, климатическое моделирование показывает, что в первой половине 20-го века потепление было вызвано повышением солнечной радиации, снижением содержания вулканического пепла и повышением концентрации парниковых газов. Однако, во второй половине столетия интенсивность радиации не повышалась, а частые вулканические извержения повысили содержание вулканического пепла в атмосфере. Таким образом, сочетание этих факторов должно было привести к похолоданию. Но, напротив, наблюдения указывают на быстрое потепление в последние десятилетия, что совпадает с интенсификацией человеческой деятельности.

С.4 Поскольку измерения температуры в прошлом столетии могли быть искажены ошибками наблюдений, перемещением точек наблюдения, а также урбанизацией, можем ли мы полагаться на них в определении того, как изменился климат?

Ответ: Да. Вместе взятые, они дают хорошие доказательства того, как меняется наш климат. Данные проверяются на качество и систематические источники ошибок. Данные с ошибками удаляются или корректируются, а также сравниваются с другими источниками информации. Ученые заявляют, что потепление в течение прошлого столетия составило не менее 0.4°C и не более 0.8°C .

Разъяснение: Методом учета случайных ошибок служит осреднение температуры по многим метеостанциям. Анализ глобальных температур использует многие тысячи станций, и осреднение практически устраняет ошибку. Систематические изменения не-климатического характера, но влияющие на его измерения, учитываются труднее. Это урбанизация, изменение инструментов измерения, изменение плотности станций, а также изменение положения инструментов на станциях. Эти факторы могут быть учтены путем анализа и уточнения. Предпринимая анализ глобальных трендов, ученые анализируют эти систематические воздействия. Остается твердое убеждение, что потепление в последние десятилетия реально и глобально. Более того, измерения температуры показывают хорошую сходимость с измерениями радиозондом, кольцами роста растений и образцами породы из скважин, пробуренных в разных концах света. Они также совпадают с уменьшением снежного покрова, отступлением ледников и другими показателями потепления. Однако, из-за неравномерного расположения точек наблюдения, большая часть измерений относится к северному полушарию. Учитывая эти неопределенности, научное сообщество определило, что поверхность земли в среднем потеплела от 0.4°C до 0.8°C .

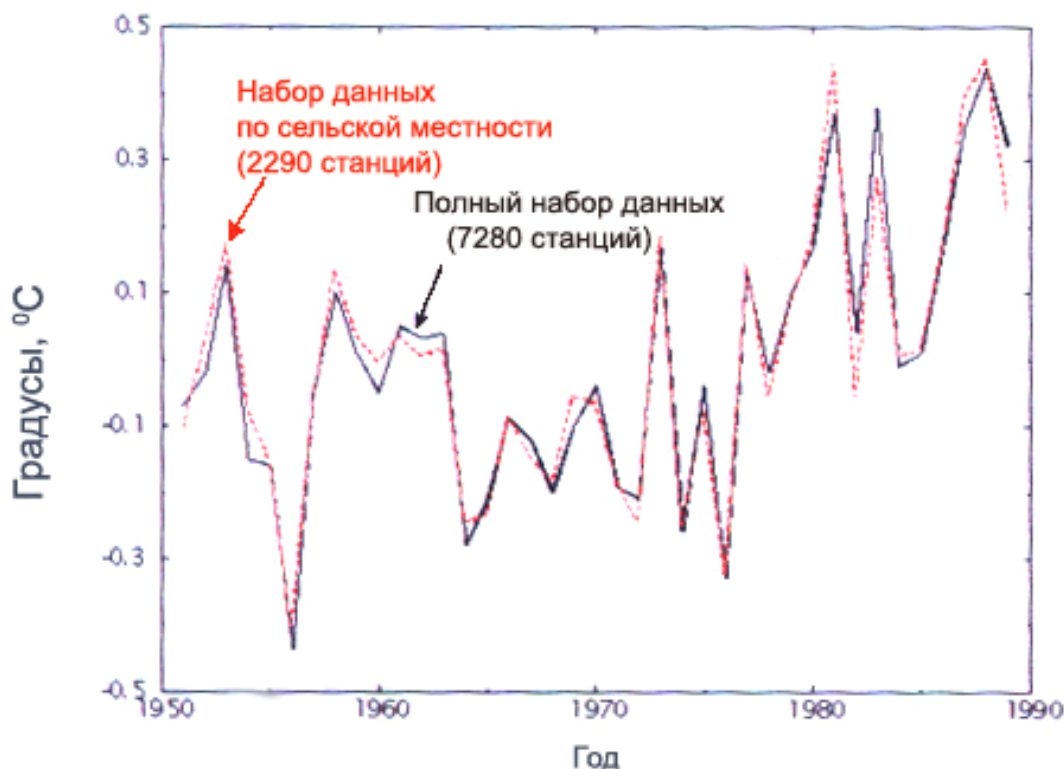


Рис.С.4. Сравнение между температурными трендами полностью скорректированных наземных данных, использованных в глобальном анализе трендов, и данных, полученных в сельской местности, показывает незначительный эффект урбанизации.

С.5 Большой подъем температуры произошел в начале столетия, когда эмиссия CO_2 была сравнительно низкой. Однако, она снизилась в 50-60 годы, когда эмиссия начала быстро возрастать. Не противоречит ли это идее, что рост эмиссии CO_2 вызвал потепление климата?

Ответ: Кроме CO_2 , температура в прошлом столетии подвергалась влиянию изменения климатической системы (внутренняя изменчивость, изменчивость солнечной радиации и эмиссии аэрозолей ввиду вулканической деятельности), возросшей концентрацией других загрязнителей (аэрозоли сульфатов и пыль), а также разрушение озонового слоя. Реакция на различные факторы смягчалась медленной реакцией океанов. Если включить все эти факторы в модель температурных изменений, результаты будут близки к измеренным.

Разъяснение: Поведение климатической системы сложное, включая множество различных компонентов и факторов. Система обладает значительной внутренней изменчивостью, которая вызывает колебание климатических условий от региона к региону и от десятилетия к десятилетию. Например, колебания, связанные с Южной осцилляцией Эль-Ниньо и Северо-Атлантической осцилляцией, могут изменить глобальную температуру на годы и даже десятилетия. Кроме того, климатическая система реагирует на массу других причин, среди которых повышение концентрации парниковых газов. Все эти эффекты изменяются во времени. Например, концентрация аэрозолей в северном полушарии в 1950-1980гг. быстро росла, тем самым повысив влияние парникового эффекта, но в

последние десятилетия, благодаря принятым мерам по улучшению качества воздуха, стабилизировалась. Напротив, охлаждение благодаря разрушению озонового слоя началось в конце 70-х годов и сейчас достигло максимума благодаря мерам, принятым по Монреальскому протоколу. Более того, долгосрочная реакция климата на повышение концентрации CO_2 запаздывает ввиду инерции океанов. Это похоже на то, как реагируют внутренние озера на сезонные изменения температуры окружающей суши. Чем быстрее происходят изменения, тем больший лаг образуется между мгновенной реакцией климата и полным потенциалом реакции. Таким образом, поскольку скорости увеличения концентрации CO_2 до 1940 г. была низкой (в течение 150 лет), большая часть эффектов была известна. Однако, поскольку после 1940 г. этот процесс ускорился, инерция океанов создала гораздо большее отставание от потенциального климатического эффекта. Тенденция изменения температуры за прошлое столетие включает повышение температуры на 0.3°C (1920-1940 гг.), понижение на 0.3°C (1940-1970 гг.) и повышение на 0.3°C (1970-2000 гг.). Если включить все указанные выше факторы в модель, результаты совпадают с наблюдаемыми. Они также доказывают, что за последние 50 лет роль человеческой деятельности в изменении климата была доминирующей.

С.6 Не противоречит ли похолодание в Восточной Канадской Арктике, Гренландии и Восточной Антарктиде за последние несколько десятилетий прогнозу глобального потепления?

Ответ: Нет. Региональное похолодание не противоречит глобальному потеплению. Хотя растущая концентрация парниковых газов создает равномерный фактор потепления, другие факторы, такие как природная изменчивость и региональные изменения в атмосфере и океане, могут усилить этот эффект в одном регионе и ослабить его в другом. Например, в таких регионах как Канада и Сибирь, потепление носит резкий характер. В Западной Арктике в одних местах теплеет, в других холодает. Несмотря на эти региональные колебания, средняя температура Арктики повышается, что соответствует результатам моделирования. Подобно этому, если в некоторых регионах Восточной Арктики похолодало, на арктическом полуострове резко потеплело. Осредненные климатические модели не улавливают эти колебания и могут моделировать региональные изменения подобные наблюдаемым.

Разъяснение: Климатическая система высоко изменчива как по территории, так и во времени. Поэтому такие факторы как природная изменчивость, региональные изменения циркуляции в атмосфере и океане, могут усилить эффект в одном регионе и ослабить его в другом. Например, в Арктике некоторые регионы (Западная Канадская Арктика и Сибирь) сильно потеплели, тогда как другие восточные регионы похолодали. Несмотря на области похолодания, Восточная Арктика теплеет (0.2°C). В Антарктиде часть восточного региона континента в последние десятилетия похолодала, тогда как Антарктический полуостров слегка нагревается. В этом регионе наблюдается изменение региональной атмосферной циркуляции, которое может быть связано с разрушением озонового слоя. Некоторые из этих различий также исчезают по мере увеличения времени наблюдения. Например, когда вся Арктическая Канада за последние 50 лет похолодала, морские провинции показывают существенное потепление (0.6°C) при рассмотрении наблюдений за 100 лет. Сегодня это подтверждается уменьшением площади льдов на 400 тыс. кв. км и снежного покрова в северном полу-

шарии. Моделирование климата на сведенных моделях неспособно предсказать влияние десятилетних изменений в атмосфере на другие факторы, влияющие на региональную температуру. Однако, оно показывает региональные изменения, которые близки к наблюдаемым.

С.7 Спутниковые наблюдения показывают, что температура нижних слоев атмосферы над земной поверхностью повышается гораздо медленнее, чем сама поверхность. Не означает ли это, что поверхность не нагревается так, как ожидается?

Ответ: Нет. Когда сравнивают данные по поверхности с данными по нижним слоям атмосферы, полученными с помощью зонда, за продолжительный период времени в 4 десятилетия, записи оказываются почти идентичными. К сожалению, спутниковые данные имеются только за два последних десятилетия. За столь короткое время необычные климатические явления, наподобие извержения вулканов и Эль-Ниньо, могут существенно меняться и влиять в большей степени на поверхность земли, чем на атмосферу. Следовательно, спутниковые наблюдения еще слишком краткосрочны для анализа долгосрочных климатических трендов.

Разъяснение: Микроволновые спутниковые данные с 1979 г. используются для определения температуры нижних слоев атмосферы до высоты 8 км. За такой короткий период времени температура подвергалась влиянию таких неординарных явлений как Эль-Ниньо (1982-1983 гг.) и вулканические извержения (вулкан Пинатубо, 1991 г.). Тем не менее, эти явления повлияли по-разному на поверхность и атмосферу. Большинство этих различий будет осреднено во времени. Фактически, сравнение трендов средней температуры поверхности с температурными трендами атмосферы показывает их идентичность, если осреднять их за 4 десятилетия.

Подобно замерам на поверхности, спутниковые данные также должны корректироваться по изменениям, не имеющим отношения к климату. Например, если первоначальные оценки по спутниковым данным предполагали похолодание на 0,06°C за десятилетие, начиная с 1979 г., последние расчеты показали потепление на 0,04°C. Существуют и другие неточности, поскольку замеры производятся различными спутниками, а затем объединяются в общие временные ряды. Более того, эффект водяного пара и капель в атмосфере по микроволновым данным не может быть адекватно скорректирован при расчете температуры.



Рис.С.7. Сравнение трендов годовых аномалий температуры поверхности с 1970г. (толстая линия) со спутниковыми данными в нижних слоях атмосферы с 1979 г.

Д Прогнозирование климата

Д.1 На сколько температура поверхности Земли может повыситься в будущем?

Ответ: Если не предпринять согласованную глобальную акцию по сокращению выбросов тепличного газа, ожидается, что к 2100 г. средняя температура поверхности земного шара в сравнении с 1990г. увеличится на 1.4-5.8° C (около 2-10°F). Даже если содержание тепличного газа стабилизируется, температуры будут продолжать повышаться еще в течение столетий из-за замедленной ответной реакции океана.

Разъяснение: Это на данный момент самая лучшая оценка, основанная на вероятном диапазоне прогнозируемых будущих концентраций атмосферных тепличных газов и сульфатов (которые обладают охлаждающим эффектом), если не будут предприняты какие-либо конкретные действия по сокращению объема выбросов тепличных газов. Прогнозы также содержат неопределенности, связанные с характеристикой модели климата. Поскольку большая часть тепличных газов остается в атмосфере долгое время, воздействия совершенных в прошлом выбросов будут продолжаться столетиями, даже если выбросы тепличного газа в результате человеческой деятельности были прекращены сразу же. Важно отметить, что изменения температуры во всем мире будут происходить неодинаково. Земля потеплеет больше, чем океаны, и большее потепление на протяжении всего года ожидается в высоких широтах, с большим потеплением

зимой, чем летом, от средних до высоких широт. В Канаде среднегодовая температура в следующем столетии может вырасти в пределах 5-10°C.

Источник: IPCC 2001, WGI, Глава 9.

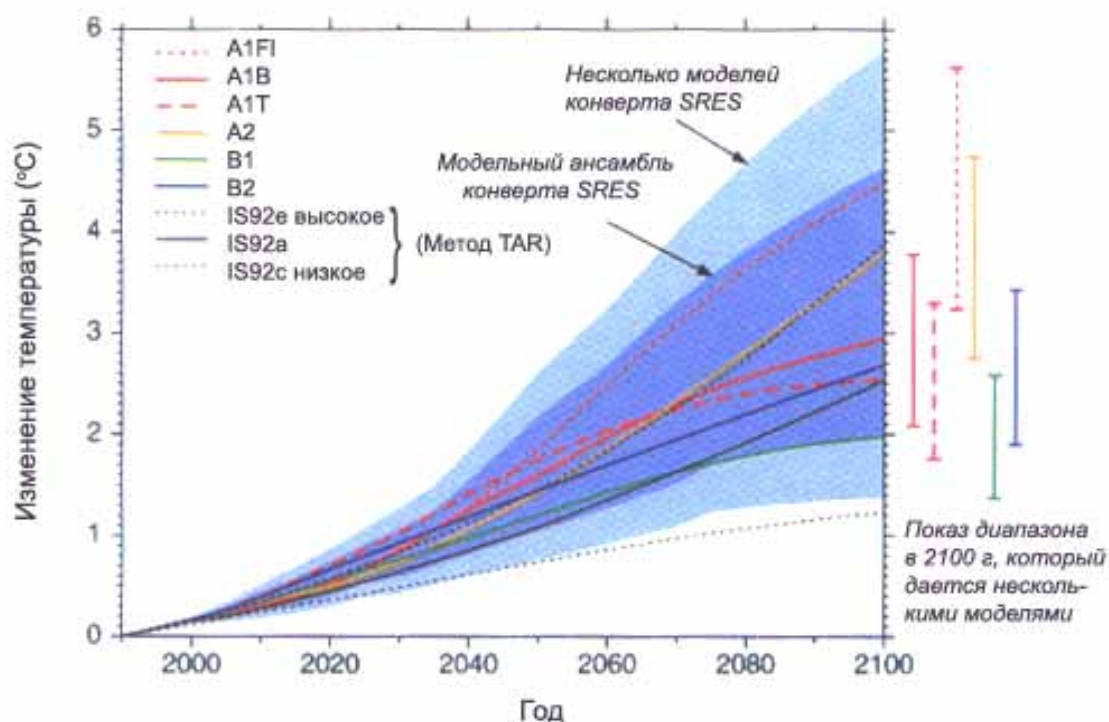


Рис. D.1. Прогнозируемый диапазон повышения средних глобальных температур поверхности в следующем веке в сравнении с колебаниями температур в течение прошлого тысячелетия. Зона, окрашенная в темный цвет, показывает неопределенность благодаря будущим выбросам тепличного газа человеком, а светло-окрашенная зона обозначает дополнительную неопределенность, связанную с чувствительностью климатической системы к таким выбросам (IPCC 2001 Synthesis Report, pg 34).

D.2 Почему прогнозируемая величина амплитуды глобального потепления больше 4°C?

Ответ: Существует два ключевых фактора, которые влияют на диапазон оценок. Первый — это неопределенность в отношении будущего поведения человека и, как оно может повлиять на содержание тепличных газов и аэрозолей в атмосфере. Вторым фактором является научная неопределенность того, как скоро и насколько изменения в концентрации подействуют на климатическую систему. В сочетании они показывают амплитуду более 4°C, начиная от наиболее оптимистического выхода 1.4 °C потепления к 2100г. и кончая самым пессимистическим результатом 5.8 °C потепления.

Разъяснение: Будущие выбросы тепличных газов и аэрозолей будут зависеть от того, как быстро вырастут население и экономика в грядущие десятилетия, на-

сколько эффективно общества будут использовать энергию, от вида используемой энергии и, как использование человеком земли, скорее всего, изменится. Это скорее неопределенности будущего социального поведения, чем климатической системы. Однако также остается неопределенность того, как климатическая система отреагирует на изменения в концентрации тепличных газов и аэрозолей. В течение нескольких грядущих десятилетий последнее является более важным, тогда как первое является первичным источником неопределенности во второй половине века. Диапазон 4 °C в прогнозируемом потеплении на 2100г. возникает, когда эти неопределенности комбинируются в имитациях модели.

D.3 Как можно доверять результатам климатических моделей, когда их разнообразные прогнозы будущего климата так сильно отличаются?

Ответ: Несмотря на то, что модели расходятся в деталях будущего изменения климата, существует реальное общее совпадение модели континентального масштаба и значимости ожидаемых потенциальных изменений температуры, особенно в несколько ближайших деkad.

Разъяснение: Разные модели используют альтернативные технологии описания того, как функционируют различные компоненты климатической системы. Более того, наблюдается существенная природная изменчивость внутри климатической системы, так что можно ожидать, что идентичные опыты с теми же моделями покажут различные детали в своих результатах. Следовательно, существуют значительные отличия между опытами моделирования деталей и темпа потенциального изменения климата. Однако все модели сходятся в том, что потепление будет значительным и, вероятно, беспрецедентным в истории человечества, что температура воздуха на континентах повысится больше, чем температура воды в океанах, что на высоких широтах температура будет выше, чем на низких, что уровень моря поднимется, что объемы и толщина снега и морского льда уменьшатся и, что произойдет увеличение среднего глобального количества осадков наряду с крупными изменениями в их распределении.

D.4 Насколько достоверны модели, используемые для прогноза будущего изменения климата?

Ответ: Специалисты по моделированию климата используют самые передовые физику и математику, имеющиеся на сегодня для разработки комплексных моделей климата. Сначала модели испытывают на фоне наблюдаемых климатических условий и исторических климатических условиях, чтобы гарантировать адекватную имитацию реальных климатических условий. Когда они проходят эти и другие испытания, их применяют для прогнозирования будущих климатических условий для различных сценариев выбросов тепличного газа и аэрозолей в будущем. Несмотря на то, что эти тесты показывают значительные расхождения с наблюдаемыми и историческими климатическими данными в масштабе региона, современные продвинутые модели могут довольно хорошо имитировать глобальные форму и тенденции. Специалисты по моделированию уверены, что они могут получить полезные показатели ответной реакции климата на постоянное вмешательство человека в климатическую систему.

Разъяснение: Компьютерные климатические модели, применяемые для прогноза будущих климатических условий, основаны на хорошо воспринимаемых физических принципах науки и изобилии научных наблюдений климатической системы. Сложные математические уравнения используются в моделях для описания влияния этих принципов на взаимодействия суши, моря, льда и воздуха, которые вместе определяют климат Земли. Затем этими моделями управляют на огромных компьютерах с целью имитации поведения климата, начиная с решения обратной задачи. Сначала модели испытывают, насколько хорошо они могут охарактеризовать сегодняшний климат, и большая часть теперь способна довольно точно охарактеризовать главные особенности системы климата. Однако есть существенные региональные различия очевидные во многих моделях, по причине того, что разрешение моделей слишком крупное, чтобы уловить все важные региональные взаимодействия климатической системы и, потому что некоторые из этих взаимодействий пока еще не совсем понятны. Модели также прогоняют по климатическим данным прошлого, включая последние 100 лет, пиковые климатические данные голоцена 6000 лет назад, и последние максимальные ледниковые данные 18 000 лет назад. Самые продвинутые модели сегодня довольно хорошо имитируют эти данные, особенно за последние 100 лет. И, наконец, имеются также исследования взаимного сравнения моделей, которые стремятся понять, где и почему результаты моделей различаются. За последние сорок лет эволюции климатической модели уверенность в их работе чрезвычайно повысилась. Поэтому, несмотря на то, что все еще существуют большие неопределенности в работе модели, есть крепкая уверенность в том, что они помогут полезным советом относительно будущего изменения климата.

D.5 Модели, применяемые для прогнозирования погоды, часто даже не могут должным образом предсказать погоду на ближайшие несколько дней. Как можно в будущем ожидать от климатических моделей достоверных прогнозов на десятки лет и даже на столетие?

Ответ: Климат – это средняя погода, которая предсказуема в большей степени, чем ежедневные или ежечасные перемены погоды. Поведение погоды хаотично, и часто его сложно предсказать за неделю или на будущее. В отличие от погоды климат, в основном, определяется глобальными и региональными геофизическими процессами, которые изменяются медленно. Следовательно, если эти факторы правильно поняты и предсказуемы, значит, климат с уверенностью можно прогнозировать на далекое будущее.

Разъяснение: Ежедневная местная погода, в основном, определяется атмосферной циркуляцией и образованием крупномасштабных метеорологических систем. По причине хаотичной природы атмосферы, предсказуемость уменьшается со временем, и она довольно неточная, если прогнозируется за несколько недель в будущем. С другой стороны, климат представляет средние погодные условия и их ожидаемую изменчивость. Они обусловлены такими факторами, как грядущее солнечное излучение (которое меняется с широтой и временем года), влияние преобладающих характеристик облачного покрова, аэрозолей и других компонентов атмосферы на поток солнечной энергии в атмосферу и поток тепловой энергии из нее же, доминирующие ветры и другие атмосферные условия, а также локальные геофизические условия, которые, в целом, меняются постепенно и в более предсказуемой манере. Таким образом, тогда как прогнозисты

не способны предсказать оперативные погодные данные за шесть месяцев, они могут получить хорошие примерные данные изменений, происходящие в сезонных климатических данных, благодаря известным геофизическим процессам, которые вызывают условия благоприятные для смены зимы на лето и обратно. Они могут также получить оценки изменений вероятности различных видов погодных явлений, таких как изменения минимальных минусовых температур, максимальных температур выше 30 °C, снежные бури или грозы. Аналогично, климатические модели при попытке прогноза очень отдаленного будущего предсказывают, как характеристики климата, осредненные за несколько декад, могли бы измениться в ответ на прогнозируемые изменения факторов, определяющих климат.

D.6 Допускают ли сопоставления наблюдений климата и прогнозов компьютерных моделей, что модели преувеличивают глобальное потепление?

Ответ: Нет. Как показано на рисунке С.3, имитации модели, проводимые в последние годы, которые включают все ключевые факторы, влияющие на климат за прошлое столетие, довольно точно соответствуют наблюдениям. Нет свидетельства того, что прогнозы глобального потепления моделей придерживаются того или иного метода.

Разъяснение: Десять лет назад, когда многие опыты моделирования включали только климатические воздействия повышенного содержания тепличного газа, темпы потепления, воспроизводимые за прошлый век, часто превышали наблюдаемые. Однако недавние опыты, которые тоже включали комплексные воздействия других видов человеческой деятельности (такие как выброс аэрозолей и истощение озонового слоя стратосферы) и природных факторов (колебания солнечной энергии и вулканические аэрозоли) выполнили имитации многолетних температурных тенденций, которые вполне согласовывались с полученными из наблюдений. Это значит, что модели не преувеличивают чувствительность климата к влиянию человека.

D.7 Ранние оценки IPCC глобального потепления в 21 веке колебались в пределах 1.0°C-3.5°C. В Третьем Оценочном Отчете IPCC диапазон прогнозируемого потепления фактически расширился до 1.4°C-5.8°C. Если модели глобального климата становятся более усовершенствованными, почему увеличивается научная неопределенность?

Ответ: Первостепенной причиной увеличения диапазона оценок будущего изменения климата, представленного в ходе последней оценки IPCC, явилось использование новых сценариев выбросов тепличных газов и аэрозолей. Эти сценарии подразумевают больший диапазон потенциального объема выбросов деятельности человека, чем прогнозируемый в предыдущих сценариях выбросов. Увеличение амплитуды прогнозируемой температуры происходит, следовательно, благодаря демографическим факторам, а не растущей научной неопределенности.

Разъяснение: Что касается первой оценки IPCC, эксперты сконцентрировали внимание на применении климатических моделей равновесия, чтобы предска-

зять, что раз климатическая система отреагировала содержанием углекислого газа в два раза превышающим современный уровень, средняя температура поверхности будет примерно на 1.5-4.5°C выше, чем сегодня. Хотя они представили предварительные результаты сдвоенных климатических моделей, форсированные гипотетическими сценариями выбросов с сохранением тенденций, эти результаты не отразили полный ряд неопределенностей относительно будущего уровня выбросов.

В ходе второй Оценки ряд из шести сценариев сохранения тенденций (известные как сценарии IS92) были использованы в целях аппроксимации диапазона выбросов в результате деятельности человека до 2100 г., а в имитации моделей были добавлены эффекты охлаждения растущего содержания сульфатных аэрозолей. Результаты допускали потенциальный диапазон потепления к 2100 г. 1.0-3.5°C.

В Третьем Оценочном Отчете (TAR), завершенном в 2001 г., для будущих прогнозов был использован новый ряд сценариев выбросов, которые по убеждению должны были стать более репрезентативными для сферы потенциальных видов человеческой деятельности без применения стратегий, определенно нацеленных на снижение рисков изменения климата.

В новых сценариях диапазон выбросов чуть больше в период между 1990 и 2100 гг., чем в старых сценариях IS92. В них тоже уменьшили величину компенсационных воздействий аэрозолей, используемых в сценариях IS92, отмечая, что локальные проблемы загрязнения воздуха вынудят народы предпринять меры по сокращению выбросов аэрозоля. Эти изменения в сценариях выбросов были главной причиной расширенного диапазона прогнозов климатического изменения TAR. Следовательно, они отражают увеличенные неопределенности в отношении будущего поведения человека, а не увеличенные неопределенности в климатических моделях. На деле диапазон научной неопределенности в прогнозах климатических моделей относительно ответной реакции климата на определенный сценарий выбросов сильно не изменился.

В то время как передовые модели отражают значительное улучшение в понимании климатической системы, основные проблемы состоят в точном описании ее аспектов в моделях, которые все же ограничены существующей вычислительной способностью.

D.8 Почему оценки потенциального подъема уровня моря по различным сценариям глобального потепления становятся все меньше с получением новых результатов исследования?

Ответ: Немного более низкие оценки подъема уровня моря к 2100 г., представленные в последних оценках ИРСС, были получены по двум причинам. Первая, компенсирующие воздействия аэрозолей на темпы потепления климата и, следовательно, на темпы подъема уровня моря, не были включены в Первый Оценочный Отчет, но вошли во вторую и третью оценки. Вторая причина, улучшения в понимании того, как океаны и ледниковые щиты отреагируют на более теплые климатические условия, означают, что скорость поглощения тепла этими системами из атмосферы может быть медленнее, чем предполагалось ранее. Несмотря на то, что эти улучшения снизили прогнозы подъема уровня

моря в течение следующего столетия, они не изменили существенно прогнозы максимальной долгосрочной ответной реакции подъема уровня моря на вмешательство человека в климат в последующие века.

Разъяснение: Оценки колебания уровня моря в результате глобального потепления по-прежнему охватывают широкий диапазон величин. В первой оценке IPCC (1990) подъем уровня моря к 2100 г. определялся в потенциальном диапазоне 30-100 см.

Во Второй Оценке IPCC снизил эти цифры до диапазона 15-95 см, в первую очередь, из-за включения эффекта маскировки аэрозолей в темпы климатического изменения поверхности.

Третья Оценка в 2001 г. немного изменила эти значения до диапазона 9-88 см, под влиянием усовершенствованных оценок инерции океана и ледникового щита. Самые большие неопределенности в этих оценках относятся к роли Гренландского и Антарктического ледниковых щитов. Гренландский ледниковый щит в настоящее время сокращается в объеме и, поэтому является явным источником воды, влияющим на подъем уровня моря. Ожидается, что этот процесс будет продолжаться, но вклад в подъем уровня моря очень чувствителен к изменениям количества осадков, таяния и движения ледниковых щитов.

В отличие от него, в то время как шельфовые ледники вдоль полуострова Антарктики демонстрируют симптомы распада, сам Антарктический ледниковый щит постепенно формируется благодаря влажному климату. Комбинированные изменения ледниковых щитов оказываются на втором месте по силе влияния на темпы подъема уровня моря после прямой тепловой экспансии океанов и таяния умеренных ледников по мере их потепления.

Поскольку океаны и ледниковые щиты очень медленно реагируют на изменения климата, уровень моря будет продолжать расти на протяжении веков, после того как климатические условия поверхности уже стабилизируются. Следовательно, подъем уровня моря остается для прибрежных и островных стран серьезной угрозой будущего катастрофического затопления.

Источник: IPCC 2001, WGI, Глава 11.

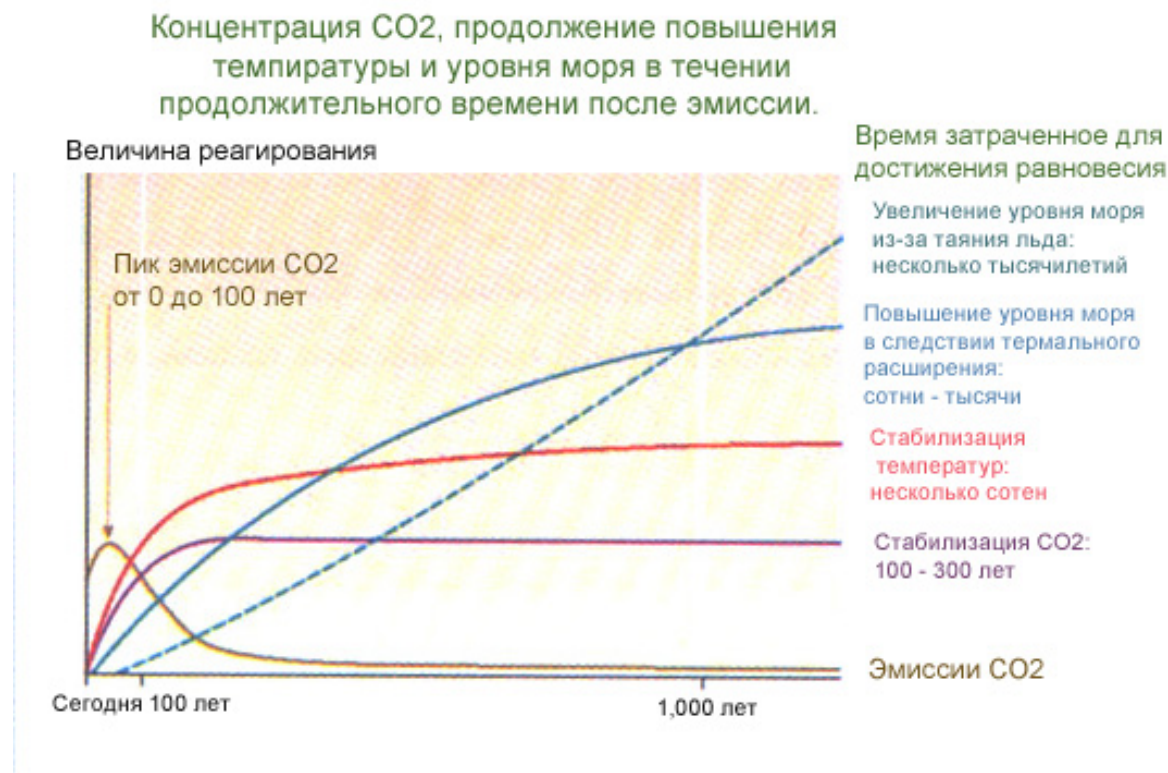


Рис. D.8. Даже если атмосферное содержание тепличных газов стабилизируется к концу 21 века, уровень моря будет продолжать подниматься еще в течение столетий. Этот произойдет, потому что и океаны и ледниковые щиты медленно реагируют на изменения атмосферных температур (IPCC 2001, Synthesis Report, pg 89)

Е Глобальное влияние климатических изменений

Е.1 За последние сто лет глобальная температура повысилась лишь на 0.6°C. Такое изменение намного слабее изменения, которое мы наблюдаем из года в год. Это катастрофа?

Ответ: Природная изменчивость климата может вызывать большие различия в условиях из года в год и из региона в регион. Однако потепление на 0.6°C является глобальной среднесуточной тенденцией всех этих колебаний в пространстве и времени. Выходит, что это среднее значение потепления превышает любые изменения, обнаруженные в течение, по крайней мере, последних 100 лет. По аналогии оно составляет только около 5°C потепления, достаточного, чтобы Земля постепенно перешла от последнего ледникового периода 15.000 лет назад, когда большие площади льда покрывали то, что сейчас называется Канадой, к современным условиям.

Разъяснение: Природная изменчивость климата может привести один регион мира к потеплению на несколько градусов в сравнении с предыдущим годом, в то время как в другом регионе похолодает на столько же градусов. Однако если такая изменчивость усреднена глобально, пространственная изменчивость намного меньше. Более того, усреднение погодных условий за много лет тоже

снижает изменчивость климата из года в год. Потепление 0.6 °C за последние сто лет делает 20 век самым теплым за последние 1000 лет, по крайней мере, в северном полушарии (данные все еще не пригодны для таких сравнений в южном полушарии). По аналогии, колебание температуры между последним максимальным значением ледникового периода, который завершился около 15.000 лет назад, и сегодняшним ее значением составило примерно 4-6 °C. Это колебание было связано с трансформацией канадского ландшафта из большого ледникового щита толщиной в несколько километров в сегодняшнюю мозаику продуктивных экосистем (IPCC 2001, WGI, Глава 2).

Е.2 Каковы потенциальные последствия потепления на несколько градусов?

Ответ: Изменение климата такого масштаба существенно изменит поведение погоды во всем мире, к которому мы привыкли. Некоторые из этих изменений действительно необратимы. Поскольку и экосистемы и человеческое общество адаптировались к климату настоящего и недавнего прошлого, они будут плохо подготовлены к тому, чтобы столкнуться с изменениями, если они будут слишком стремительны, чтобы позволить экосистемам и обществу адаптироваться. Относительно многих развивающихся стран, это может иметь очень вредные последствия для основных человеческих ценностей: где жить, что есть и пить и, как вести здоровый образ жизни. А во всех странах растущая частота жестоких погодных явлений увеличит риск природных катаклизмов.

Разъяснение: Экосистемы постепенно реагируют на изменения при средних условиях и изменчивости погоды прошлых лет. Многие виды, подобно большей части деревьев, реагируют очень медленно. Другие имеют уникальные климатические ниши, которые могут исчезнуть, оставляя их вымирать. Более того, социально-экономическая инфраструктура и культура человеческого общества четко приспособлена к климату, в котором они развивались, и его стремительное изменение затруднит быструю адаптацию, вызывая тем самым опасность экономических катастроф, связанных с погодными явлениями. Специалисты также предсказывают более длительные и частые экстремальные погодные явления, такие как ливни, засухи, наводнения и сильные бури, влияние которых на людей и природные экосистемы могут быть значительными (например, длительные и более частые тепловые волны могут увеличить число смертей, связанных с тепловым ударом). Спад урожаев и продуктивности на региональном уровне благодаря изменению климата, вероятно, увеличат риск голода, особенно, в полувзасушливых и засушливых районах тропиков и субтропиков. Ожидается, что глобальное потепление также увеличит потенциальный перенос инфекционных заболеваний, таких как малярия, тропическая лихорадка и желтая лихорадка, через расширение области распространения, в которой организмы-носители болезни, могут выживать.

Источник: IPCC 2001, Synthesis Report, pg 91-92; IPCC 2001, WGII Главы 4, 5 и 18.

Е.3 Какие могут быть последствия подъема глобального уровня моря?

Ответ: Специалисты предсказывают, что средний глобальный уровень моря поднимется от 9 до 88 см к 2100г. Этот подъем произойдет, в первую очередь,

благодаря совокупному влиянию тающих ледников и увеличения объема морской воды по мере ее потепления.

Разъяснение: Когда океаны теплеют, морская вода увеличивается в объеме. Только это к 2100г. может вызвать подъем уровня моря в пределах 10-40 см в зависимости от того, как быстро теплота проникает в океан. Более того, горные ледники во всем мире продолжают таять, добавляя еще 5-15 см воды к уровню океана, поскольку вода стекает в море. И, наконец, постепенные изменения толщи и площади покрытия полярного ледникового щита могут изменить уровень моря. Специалисты определили, что сочетание этих факторов может привести к 2100г. к подъему уровня в пределах 9-88 см притом, что после этого уровни будут продолжать повышаться еще в течение столетий, так как все три фактора продолжают нагонять повышенные температуры воздуха и измененные режимы осадков.

Сегодня около 46 миллионов людей подвергаются риску наводнения в низко расположенных прибрежных зонах, где живет 50-70% населения мира. Подъем уровня моря на 40 см увеличит число тех, чья земля будет подвергнута опасности серьезного наводнения или постоянного затопления, а это около 200 миллионов человек, даже если в прогноз включить ожидаемый рост населения. Меры по адаптации, такие как установка или улучшение защитных волноломов и дамб, помогут снизить риск населения. Однако такие меры обойдутся недешево. Защита побережья Америки, например, оценивается в пределах 20-150 млрд. долларов США. Более того, такая защита все же оставит дополнительные 80 миллионов людей уязвимыми перед наводнением во время штормовых нагонов.

В то время как береговая линия Канады относительно прочная и, следовательно, меньше подвержена влиянию подъема уровня моря, чем в других странах, часть ее тоже расположена низко или местами непрочная и, следовательно, подвержена эрозии. Исследования PEI, например, предполагают, что уровни наводнения в районе Шарлот-таун, которое теперь происходит один раз в столетие, может наблюдаться один раз в десять лет до конца века, и что к 2100г. до 50% современного прибрежного имущества будет утрачено.

Источник: IPCC 2001, WGI , Глава 11; IPCC 2001, WGII, с.363; McCulloch et al. 2002

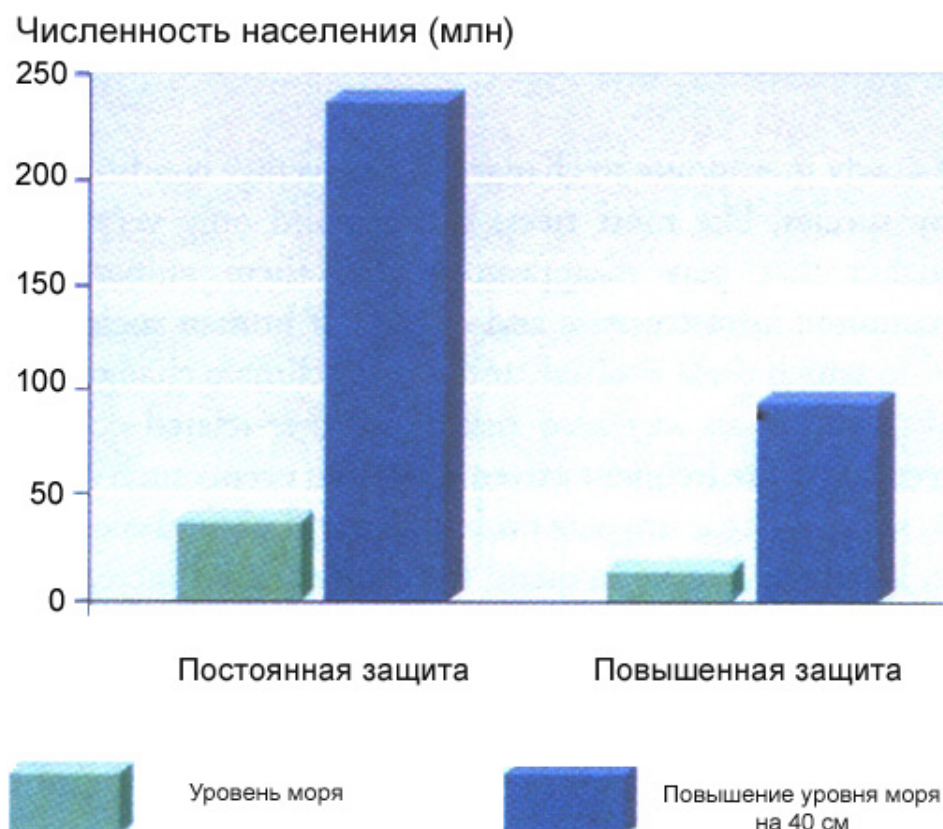


Рис. Е.3. Несмотря на то, что адаптация к риску подъема уровня моря может снизить риск подъема уровня моря на 40 см примерно на 50%, многие люди все же подвержены этой опасности. Шкалы показывают дополнительное число людей, затопленных штормовыми нагонами к 2080 г. при прогнозируемом подъеме уровня моря и без него. (IPCC 2001, Synthesis Report, pg. 77)

Е.4 Создается впечатление, что в последнее время наблюдается тенденция частых и сильных катастроф, связанных с экстремальными погодными явлениями. Имеет ли это отношение к потеплению климата?

Ответ: Очень сложно установить тенденции природных катастроф или приписать последние бедствия определенным причинам. Воспринимаемый рост числа стихийных бедствий во всем мире за последние годы может быть нерелевантным или вполне естественным. Однако исследования полагают, что частота и сила многих видов экстремальных природных явлений, которые могут вызвать бедствия, изменятся, когда климат потеплеет. Поэтому многие современные стихийные бедствия можно рассматривать как примеры того, что можно чаще ожидать в будущем, поскольку глобальный климат продолжает теплеть.

Разъяснение: Стихийное бедствие происходит тогда, когда общество и/или экосистемы не способны эффективно справиться с экстремальным погодным явлением. Другими словами, и экстремальность погодного явления, и чувствительность экосистем или общества, являются факторами. Поэтому значительный рост ущерба за последние годы в результате таких катастроф можно частично приписать демографическим факторам, таким как рост населения в уяз-

вимых районах и рост благосостояния. С другой стороны, есть признаки того, что выросло число разных видов экстремальных погодных явлений, по крайней мере, в некоторых регионах мира. Поскольку эти события, по определению, происходят нечасто и нерегулярно, их трудно увязать с глобальными причинами. Более того, мало событий не имело прецедентов в истории, и большая часть исторических записей таких событий несколько десятков лет назад не отличается большой точностью. Однако во многих отношениях тенденции к более интенсивным и необычным стихийным явлениям для некоторых типов погодных и климатических явлений в некоторых регионах за последние годы очень похожи на те, что прогнозируются климатическими моделями и связанными с этим исследованиями. Пока нет твердого доказательства связи последних тенденций бедствий с изменением климата, многие из этих явлений можно считать примерами того, что будет чаще случаться в будущем.

Е.5 Почему глобальное потепление ведет к более частым и экстремальным погодным явлениям?

Ответ: Повышенные температуры ведут к повышенным темпам испарения и осадкам, более частым тепловым волнам, менее частым максимально низким температурам и, вообще, придают больше энергии штормам и другим стихийным явлениям. Однако, несмотря на то что модели дают полезные ключи, как к направлению, так и значимости таких изменений, протекающие процессы сложны, и изменения экстремальных явлений трудно предсказывать точно с помощью современных моделей.

Разъяснение: Самые экстремальные явления являются комплексной ответной реакцией на ряд факторов и, следовательно, их ответное действие на потепление климата трудно оценить. Однако по мере того как Земля становится теплее, специалисты ожидают более частых максимально высоких температур и менее частых максимально низких температур, а также выпадения большего количества осадков за более короткие периоды времени. Это вероятно участит выпадения крайне обильных и максимальных осадков, а также случаи местных наводнений. Торнадо и интенсивность гроз и связанные с этим ветры и град также усилятся в некоторых зонах. Ожидается, что многие уголки мира столкнутся с более частыми, продолжительными или более суровыми засухами в результате ускоренного испарения растений, почв, озер и водоемов. Повышение атмосферной влажности тоже увеличит интенсивность и частоту снежных бурь и ураганов в более холодной местности, одновременно сокращая их частоту, и усиливая их интенсивность в более умеренных широтах. Фактически изменение климата даст незаслуженное преимущество в связи с вероятностью возникновения таких явлений. Пока точно неизвестно, как глобальное потепление подействует на другие экстремальные погодные явления, такие как тропические штормы, циклоны и тайфуны, хотя ожидается, что потенциальная максимальная интенсивность таких штормов увеличится.

Е.6 Могут ли ученые доказать, что недавние стихийные бедствия произошли благодаря глобальному потеплению?

Ответ: Нет. Хотя по определению экстремальные явления случаются очень редко, многие недавние события случались и раньше. Более того, из-за их сложности трудно оценить естественную вероятность возникновения многих

этих событий. Однако во многих отношениях большая часть последних событий соответствует тому, что можно ожидать чаще в будущем, и поэтому уже подверглась влиянию потепления климата. По меньшей мере, многие из них напомнили о том, что будет частым явлением в будущем.

Разъяснение: Эти стихийные бедствия могут просто являться результатом природных изменений климата. Тогда как предполагают, что паводки, тепловые волны и жестокие Эль Ниньо и остальные природные явления усиливаются с потеплением климата, трудно приписать какой-то особый климат или погодное явление определенно глобальному потеплению или любой другой природной или антропогенной причине. Также невозможно вычеркнуть роль изменения климата. Частично потому что данные по климатическим экстремальным явлениям во многих регионах мира непригодны для составления здравых выводов о потенциальных изменениях их частоты и силы, которые произошли в глобальном масштабе. Более того, связь между частотой стихийных бедствий и глобальным потеплением можно определить только путем статистических анализов многолетних данных, потому что природная климатическая система может производить погодные и климатические явления, которые оказываются нехарактерными для современного климата.

Е.7 Глобальное потепление будет постепенным или стремительным?

Ответ: Исследования климатических моделей полагают, что ответная реакция климата на воздействие человека будет постепенной. Однако есть свидетельства того, что климат Земли время от времени в далеком прошлом резко менялся, в первую очередь, в периоды ледникового климата или изменения климата. Следовательно, подобные резкие перемены, хотя и маловероятные, нельзя не учитывать.

Разъяснение: Согласно палеоклиматическим данным существует четкое доказательство, что климатическая система подверглась крупномасштабным стремительным изменениям в течение ледникового максимума в прошлом и процесса разрушения ледников в период 10000-15000 лет назад. Выходит, это произошло, когда климатическая система находилась в нестабильном режиме, что привело к региональным изменениям температуры над Гренландией до 10°C в течение нескольких деkad. Другие регионы мира тоже перенесли подобные резкие переходы климата. Таких перемен не было в течение последних 10.000 лет стабильного климата голоцена. Некоторые ученые, однако, выразили тревогу, что стремительное, вызванное человеком, изменение климата, может вернуть климат в нестабильное состояние и снова породить такие явления. Следовательно, несмотря на то, что маловероятно они возникнут, по крайней мере, в следующем веке, не стоит исключать такую возможность. Выходит, опасность растет вместе с ускорением темпов изменения, и последствия, которые должны возникнуть, могут оказаться катастрофическими, поскольку они не дадут время на адаптацию.

Источник: IPCC 2001, *Synthesis Report*, с.с.801-86; IPCC 2001, *WGI*, Главы 4, 7, 9 и 11.

Е.8 Я слышал, что явление Эль Ниньо 1997-1998 г.г. было одним из самых жестоких в этом веке после другого страшного события Эль Ниньо, которое случилось всего лишь 15 лет назад. Усиливает ли изменение климата явление Эль Ниньо?

Ответ: Последние исследования указывают на то, что поведение Эль Ниньо за последние двадцать лет было крайне необычным в отличие от исторических данных и, что более теплый климат действительно мог вызвать более интенсивное поведение типа Эль Ниньо. Однако такие связи остаются в какой-то степени гипотетическими, и потребуется больше данных и анализа, чтобы доказать их существование и определить действующие механизмы.

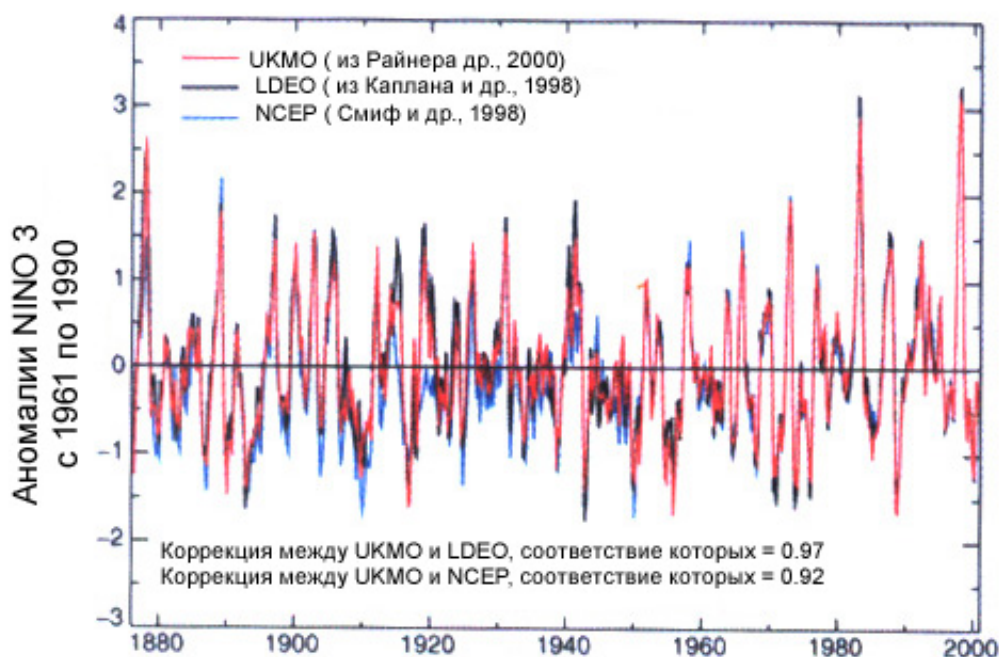


Рис. Е.8. Тенденции температур поверхности моря в восточной тропической части тихоокеанского региона с 1900 г. Эти температурные значения являются показателем событий Эль Ниньо и Ля Нина, и подразумевают, что явления Эль Ниньо стали более интенсивными и частыми за последние двадцать лет (IPCC 2001, WGI, pg 151).

Разъяснение: Различные исследования полагают, что поведение Южного Коледания Эль Ниньо (ENSO) с 1976 г. было крайне необычным и, возможно, не имело прецедента, по крайней мере, последние несколько веков. Некоторые исследования климатических моделей влияния потепления климатических условий по поведению ENSO полагают, что потеплевшая поверхность Тихого Океана может вызвать усиление поведения типа Эль Ниньо, пока не будет достигнуто новое равновесие климата океана (в течение столетий после того, как прекратились изменения в потеплении поверхности).

Однако другие исследования показывают незначительное изменение. Более того, многолетние имитации моделей природной изменчивости и палео-

исследования тоже указывают на то, что амплитуда событий Эль Ниньо может существенно изменяться в течение столетия. Следовательно, результаты исследования до настоящего времени все еще непригодны для установления убедительных связей между поведением последнего Эль Ниньо и изменением климата.

Г Влияние изменения климата на Канаду

Г.1 Существует ли возможность, что потепление климата принесет нам улучшения?

Ответ: Таким холодным странам как Канада, изменение климата, действительно, может дать существенные выгоды, как, например, сниженные цены на отопление и более длительные и теплые вегетационные сезоны. Если эти выгоды усреднить по всей Канаде, они помогут компенсировать частично или полностью вредные воздействия, вызванные климатическими изменениями при том, что темпы и масштаб этих изменений умеренные. Однако если потепление климата происходит быстро и в больших масштабах, риск опасности вырастает значительно, и общее воздействие на страны подобно Канаде будет крайне негативным. Это потому что сложнее адаптироваться к крупной или стремительной перемене. Более того, крупные отрицательные воздействия ожидаются во многих развивающихся странах мира, даже при умеренных изменениях климата. Эти воздействия, которые будут иметь место в других странах, также косвенно отразятся крайне негативно на канадцах.

Разъяснение: Потепление климата обеспечит выгоды некоторым отраслям экономики или обществу и некоторым регионам мира. Например, длительные и теплые вегетационные периоды повысят продуктивность сельскохозяйственных культур, а также многих природных экосистем в северных странах, если там подходящая влажность. Аналогично теплые зимы снизят затраты на отопление помещений и облегчат судоходство через покрытые льдом воды. Потепление климата может также представлять крупные возможности распространения в новых областях природоохранной технологии и услуг, увеличения экспортных поставок и создания рабочих мест. Большая часть этих выгод дается благодаря изменениям средних температур.

Однако остальные последствия потепления климата будут очень вредными. К ним относятся: совокупное влияние подъема уровня моря и океанских штормовых нагонов, которые могут нанести экономический и экологический ущерб и унести много жизней в разных частях мира, особенно, в низко расположенных дельтах и малых островных государствах; повышенная вероятность засухи, которая грозит большей части населения голодной смертью в некоторых уголках мира, в частности, во многих развивающихся странах; возросшая интенсивность летних осадков и как результат этого – сильные наводнения и эрозия, иногда в тех же самых регионах, которые в другое время перенесли засуху; и повышенная частота максимально высоких температур и связанные с ними стрессы на экосистемы и человечество.

Чем быстрее происходят климатические изменения, тем сложнее получить преимущество от потенциальных выгод, и тем опаснее последствия экстремальных погодных явлений и других вредных изменений.

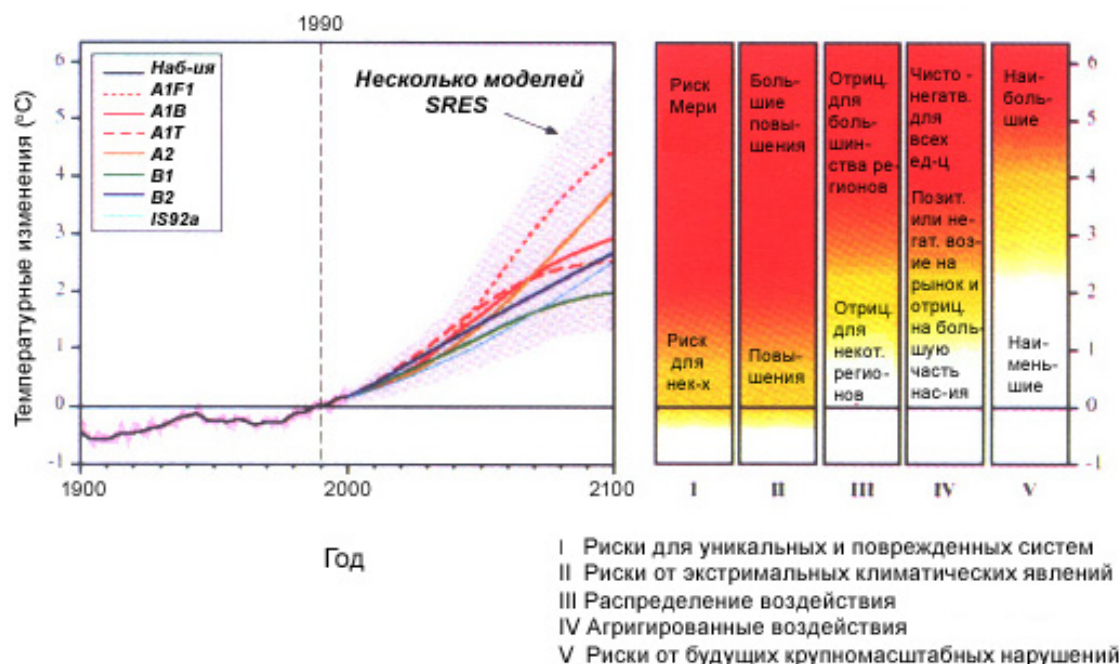


Рис. F.1. Умеренное потепление может обеспечить некоторые выгоды в некоторых регионах, но если глобальная температура повысится на более, чем 2-3°C, риски экстремальных погодных явлений тоже возрастут, приводя к потерям всех отраслей и большинства регионов. Последнее потепление уже повлияло на экосистемы в некоторых регионах, включая Арктику. (IPCC 2001, WGII Summary for Policymakers, pg.5)

Таким образом, озабоченность относится не к климатическому изменению определенного вида, но к возможности того, что темпы и размеры изменения превысят пороги человеческой и экологической переносимости.

Даже если прямое влияние климатических изменений, в среднем, было бы выгодно для канадцев, повсеместные катастрофы тоже представляют для Канады крупную проблему (например, международная безопасность, экологические беженцы и помощь пострадавшим странам).

Источник: IPCC 2001, WGII, Глава 19.

F.2 Полагают, что за 50 лет потепление климата приведет к тому, что климат Галифакса уподобится современному климату в Бостоне, в Торонто он станет похож на климат в Кентукки, а погода в Ванкувере станет погодой в Сан-Франциско. И что же тут плохого?

Ответ: Экосистемы, культура и социально-экономические инфраструктуры в Канаде были сформированы местным климатом настоящего и недавнего прошлого. Например, системы коллекторов ливневой канализации и дренажа в

канадских городах базируются на особенностях местных осадков, а жилые и коммерческие здания проектируются с корректировкой на холодный климат. Приспособление такой инфраструктуры к потеплевшему климату и связанным с ним изменениям в погоде может стоить очень дорого. Если потепление климата произойдет быстро, процесс адаптации становится чрезвычайно трудным и потенциально безуспешным, ведя к риску возникновения крупных катастроф. То же самое относится и к окружающей среде.

Разъяснение: В прошлом развитие инфраструктуры канадских городов, транспортные системы и другие социально-экономические виды существования и деятельности подверглись заметному влиянию местных климатических условий. Например, многие сооружения и виды деятельности для занятия зимним спортом в большинстве районов Канады зависят от наличия снега и льда. Коллекторы ливневой канализации и дренажные системы в городах Канады базируются, среди прочего, на особенностях местных осадков, а жилые и коммерческие здания проектируются с корректировкой на холодный климат. Аналогично инфраструктуры сельского хозяйства, водного хозяйства и предотвращения наводнений построены с учетом особенностей современного вегетационного периода и водных ресурсов. Многие из этих сооружений и работ требуют длительного времени для подготовки к будущим изменениям климата. Следовательно, чем стремительней проходит потепление климата, тем больше потенциальное несоответствие между культурной, социальной и экономической инфраструктурами и измененными климатическими условиями, и тем больше риск неспособности адаптироваться и опасность отрицательных последствий потепления климата.

Г.3 В отчетах указывается, что повышенные глобальные температуры вызовут самые большие изменения в северных странах, таких как Канада. Значит ли это, что мы подвергаемся большему риску, чем страны, расположенные близко к экватору?

Ответ: Нет. Климатические модели показывают, что будущие изменения температуры будут самыми большими в высоких широтах и зимой. Таким образом, размеры потепления климата в Канаде, возможно, будут крупнее, чем во многих других странах. Однако, поскольку наш современный климат в Канаде постоянно подвержен изменениям от одной недели к другой, от сезона к сезону и из года в год, канадцы лучше подготовлены для того, чтобы справиться с изменчивостью климата и его потеплением. Более того, повышенные температуры дадут нам некоторые преимущества, которые помогут избежать некоторых вредных воздействий. Следовательно, мы можем оказаться менее уязвимыми перед потеплением климата, чем многие бедные тропические страны.

Разъяснение: Модели полагают, что колебания температуры в ответ на глобальное потепление будут самыми значительными в высоких континентальных широтах и в зимний период. Однако природные колебания климата тоже самые большие в этих регионах и зимой. Поэтому экосистемы и общества, которые развились в этих регионах, в целом, тоже обладают большей переносимостью потепления и, следовательно, могут лучше приспособливаться к крупным переменам, предсказываемым на будущие десятилетия. Более того, поскольку низкие температуры являются ограничением для многих экосистем и социально-экономических видов деятельности в Канаде, потепление климата принесет

много выгод. Наконец, Канада является относительно богатой страной с социальной инфраструктурой, которая поможет канадцам легче адаптироваться. В отличие от нее, общества многих развивающихся стран в низких широтах уже живут на пределе и не имеют достаточного доступа к таким ресурсам. Это делает их уязвимыми даже перед очень небольшими изменениями климата. Тогда как крупные изменения в Канаде, прогнозируемые моделями, могут вызвать значительные воздействия на эту страну, многие из которых будут негативными, канадцы будут менее чувствительны к последствиям потепления климата, чем жители многих развивающихся стран.

Г Научная вероятность и ответная реакция человечества – Обобщающее понятие

Г.1 Еженедельно сообщения СМИ рассказывают различные истории о важности потепления климата, которые сильно отличаются друг от друга. Разве ученые в области климатических изменений постоянно меняют свое мнение?

Ответ: Нет. Огромное большинство ученых, исследующих потепление климата, согласны с тем, что тревога такого рода имеет научное обоснование. Сообщения прессы имеют тенденцию часто концентрироваться на более противоречивых элементах науки, связанных с подробностями потепления климата, и беседовать с теми учеными, которые представляют полярные взгляды научного понимания. Часто им также не удается вместить новую науку в контекст большого объема существующих знаний, следовательно, они игнорируют прочный консенсус в научных кругах экспертов в отношении фундаментальных принципов и процессов потепления климата. Поэтому такие сообщения не являются идеальной презентацией понимания научного общества экспертов.

Разъяснение: Ежегодно издается несколько тысяч научных трудов, публикуемых в специальной литературе, на тему глобального изменения климата. Каждая статья приносит свой небольшой вклад в огромный объем знаний, который уже существует. Так как глобальная система климата очень сложная, эти труды охватывают много научных дисциплин и сфокусированы на широком ряде процессов и разнообразных причин потенциального потепления климата. Некоторые процессы обладают негативной ответной реакцией, которая смягчает первоначальную реакцию климата, другие обладают позитивной ответной реакцией, которая их регулирует. Некоторые причины изменения, будь они естественные или вызванные человеком, имеют тенденцию к охлаждению климата, тогда как другие вызывают его потепление. Газетные статьи нацелены, главным образом, на те малочисленные труды, которые показывают драматичные или противоречивые результаты исследований. Следовательно, заявления ученых с полярными взглядами имеют больше шансов попасть в прессу, чем большинства ученых, чьи открытия могут соответствовать в целом базовой науке – и быть менее привлекательными для аудитории СМИ. Более того, большая часть противоречий в СМИ, сосредоточена на деталях науки об изменении климата. Поскольку большая часть базовой науки, которая питает тревогу о потеплении климата, является более или менее противоречивой, о ней часто не сообщается. Хорошее резюме такой исходной информации было недавно опубликовано.

ликовано в сводном отчете Третьей Оценки, выпущенном ИРСС в 2001г., который оценили на сайте www.ipcc.ch.

Г.2 Кто рекомендует предпринять срочную международную акцию с целью сокращения риска потепления климата? Правительство или ученые?

Ответ: И те и другие. Самые детальные оценки науки о потеплении климата были выполнены под координацией Межправительственной группы экспертов по потеплению климата (ИРСС), которая была создана совместно Программой ООН по Окружающей Среде (UNEP) и Всемирной Метеорологической Организацией. Отчеты ИРСС стали первичным научным основанием политических дебатов о действиях по сокращению выбросов. Однако эти отчеты опираются на совместную работу огромного ряда научных экспертов из многих стран и научных дисциплин. Специалисты приехали как из академических НИИ, так и правительственных научно-исследовательских организаций.

Разъяснение: Подготовка и экспертный обзор всех оценок ИРСС выполняются ведущими международными экспертами, которые работают в академических, а также в правительственных научно-исследовательских лабораториях. Эти результаты основаны на всестороннем синтезе литературы в специальных научных журналах. Например, что касается отчета Рабочей Группы-I о науке, завершено в 2001г., более 635 ученых из 40 стран приняли участие в подготовке содержания отчета, которое потом было разослано 420 рецензентам для вынесения критики. Аналогично отчет РГ-II вовлек 426 авторов и 440 рецензентов из 70 стран. Эти эксперты приехали из большого ряда государственных, университетских и других организаций. Главы, содержащиеся в полных отчетах оценок, приняты ИРСС без дальнейших изменений, и за них несут ответственность первоначальные авторы, а не ИРСС.

Сводные документы ИРСС составлены совместно: ведущими экспертами, которые были привлечены к оценке, и персоналом секретариата ИРСС, впоследствии утверждаемыми строка за строкой главными правительственными представителями, которые присутствовали на пленарных заседаниях ИРСС. Однако изменения, внесенные в текст в ходе этого процесса утверждения, должны быть также приемлемы для экспертных авторов.

В своем отчете президенту Америки Джорджу Бушу группа экспертов Национальной Академии Наук США порекомендовала ему в 2000г., чтобы полный отчет РГ-I ИРСС стал «примечательным резюме научно-исследовательских работ в области науки о климате» и, чтобы любые изменения, внесенные в текст резюме, существенно не меняли ключевые выводы всего отчета.

Г.3 Я понимаю, что есть тысячи ученых, которые заявляют, что мы знаем слишком мало о потеплении климата и, что поэтому преждевременно принимать какие-либо ответные действия. Кто такие эти раскольники, и можно ли им верить?

Ответ: Ученые, которые вносили разногласия, вначале были из США, однако небольшое их число можно было обнаружить в Великобритании, Германии, Австралии и других странах. Мало кто из них обладает надежным научным ман-

датом в отношении изменения климата, но большинство владеет основами ядерной физики, энергетики, океанографии и науках о суше в большей степени, чем науками об атмосфере. Их основным аргументом является то, что влияние человека на климат пока еще не очевидно и, что результаты моделирования климата преувеличены. Однако многие в целом соглашаются с фундаментальной наукой, которая лежит в основе тревоги по поводу климатических изменений.

Разъяснение: Существует несколько «заявлений», часто цитируемых скептиками в качестве доказательства наличия огромной массы ученых, которые не согласны с выводами ИРСС и необходимостью тревожиться по поводу климата. Например, Лейпцигская Декларация, которая появилась на базе двух симпозиумов скептиков, проведенных в Германии в 1995 г. и 1997 г., заявляет, что, опираясь на существующую науку, «мы рассматриваем решительные стратегии контроля выбросов, зародившиеся на конференции в Киото - которым не хватало надежной поддержки фундаментальной науки – как не рекомендуемые и преждевременные». До настоящего времени 80 «ученых» и 25 метеорологов поставили свои подписи. Многие из них являются энергетиками, и лишь небольшое число – учеными в области метеорологии, которые публиковали научные труды о потеплении климата. Ранее были составлены другие подобные декларации и петиции. Они включают кампании в Интернете в США по сбору подписей ученых и других людей к петиции, которая выражала протест против того, чтобы американские власти предпринимали какие-либо меры против потепления климата по причине научных неопределенностей. Эти петиции собрали тысячи подписей, но нет никаких мандатов, подтверждающих эти подписи. Мало кто, если таковой вообще есть, известен как обладающий опытом в области науки о проблемах изменения климата.

В первую очередь, те немногие, которые обладают, по меньшей мере, каким-то опытом, сосредотачивают свои аргументы на том, что наблюдаемые изменения климата не соответствуют прогнозам моделей. Поэтому они остаются при мнении, что очевидного доказательства влияния человека на климатическую систему пока не существует, и модели преувеличивают такое влияние. Однако они тоже не способны адекватно объяснить наблюдаемые тенденции, опираясь на природные воздействия. В целом большая часть этих аргументов вне контекста огромного объема науки, связанной с этой областью, и основана на неверном толковании и выборочной информации.

Один ученый-раскольник Ричард Линдзен тоже говорил о том, что в своих имитациях климатические модели сильно переоценивают эффект обратной связи водяного пара. Этот аргумент научному обществу было опровергнуть сложнее, во-первых, потому что обратная связь водяного пара-облака остается одним из наиболее сложных факторов, поддающихся имитации, а также основной причиной неопределенности в климатических моделях. Научное сообщество включило Линдзена в качестве участника в процесс оценки и как ведущего автора в Третью Оценку ИРСС, а также как члена в группу экспертов Национальной Академии Наук США, которая консультирует президента США по вопросам науки о потеплении климата. Несмотря на то, что соответствующие исследования воздействия водяного пара до сих пор не подтвердили гипотезы Линдзена, некоторые из них все же нельзя окончательно опровергнуть.

Г.4 При такой большой степени неопределенности того, что мы знаем об изменении климата, почему бы нам не придержать выбросы углекислого газа до тех пор, пока мы не будем способны лучше понять глобальную климатическую систему?

Ответ: Большая степень неопределенности связана с деталями последствий глобальных изменений. Ученые в целом уверены, что основание для беспокойства научно целесообразно и, что риск опасности реален и значителен. Такие риски оправдывают предположение, что благоразумно начать предпринимать меры предосторожности уже сейчас.

Разъяснение: Хотя есть неопределенность относительно масштаба и темпов изменения климата, особенно на региональном уровне, ученые в целом соглашались с тем, что темпы изменения в ближайшие десять лет будут определено быстрее, чем когда-либо видела Земля за последние 10.000 лет. С другой стороны, изменение может быть таким же крупным как в период разрушения ледников в конце прошлого ледникового века, но в 10 раз быстрее. Более того, из-за длительной задержки ответной реакции климатической системы на изменения силы излучения, к тому времени, когда доказательства будут на лицо, может быть слишком поздно, чтобы избежать существенной опасности. К тому же происходит значительная инерция, как в обществе, так и в глобальной системе климата – в первом на изменения в культурном поведении и технологической реструктуризации, в последней на изменения силы излучения. Следовательно, ранние меры более благоразумны и потребуют меньших затрат, и более действенны, чем запоздалые действия. Ученые мира рекомендуют предупредительные меры, которые, по крайней мере, смягчат риски, замедляя потенциальные темпы изменения климата.

Г.5 Я понимаю, что д-р Джеймс Хансен, который впервые проявил сильную озабоченность по поводу опасности климатических изменений, переменял свои взгляды на важность сокращения выбросов углекислого газа. Нужно ли стратегии смягчения риска концентрироваться на сокращении выбросов других газов?

Ответ: Научные взгляды, выраженные Хансеном и его коллегами, не отличаются сильно от предшествующих рекомендаций международного ученого сообщества, которое всегда указывало, что существует много источников участия человека в изменении климата в дополнение к углекислому газу. И UNFCCC и Киотский Протокол позволяют странам разрабатывать стратегию смягчения риска, которая учитывает шесть идеально смешанных тепличных газов и ищет наиболее эффективный метод ослабления их совокупного влияния на климат. Однако пока сокращение выбросов углекислого газа должно стать существенным компонентом таких стратегий.

В то время как Хансен и его коллеги тоже заявляют, что в такие стратегии должны войти попытки сократить атмосферное содержание тропосферного озона и копоти, большая неопределенность вокруг них делает преждевременным внесение их в Киотский Протокол, и, следовательно, в национальные перечни выбросов,.

Разъяснение: Вопреки сообщениям прессы, Хансен и его коллеги из Годдардского Института Космических Исследований НАСА продолжают утверждать, что усиление деятельности человека существенно влияет на последние изменения климата и, что сценарии сохранения тенденций грозят серьезным риском опасного изменения климата. Их дискуссия сосредоточена на том, как человечество может эффективно смягчить эти риски. Они полагают, что тотальная в прошлом стимуляция климата в сторону потепления благодаря идеально смешанным тепличным газам, 54% (примерно 1.4 Вт/м²) происходит в результате повышенного содержания углекислого газа, 27% благодаря метану и оставшиеся 19% благодаря другим газам. Для сравнения, самый последний проект Третьего Оценочного Отчета ИРСС полагает, что углекислый газ вызывает 60% стимуляции до сих пор, метан – 20%, а остальные газы – тоже 20%. Следовательно, несмотря на то, что во многом они слегка отличаются, оба отчета совпадают в том, что углекислый газ является самым значительным вкладчиком идеально смешанных газов.

Хансен и коллеги отмечают, что увеличение копоти и тропосферного озона усиливают потепление, последний оценивается как 0.3 Вт/м². Однако эти аэрозоли вызывают охлаждение порядка -1,4 Вт/м² (хотя цифра крайне неопределенная). Поскольку эти аэрозоли являются, в первую очередь, побочным продуктом сжигания ископаемого топлива, они предполагают, что чистое первичное воздействие сжигания ископаемого топлива на глобальное усиление излучения (т.е. углекислый газ – ископаемое топливо, получаемое из аэрозолей) намного ниже, чем 1,4 Вт/м² и, что чистое историческое влияние человека на климат можно, таким образом, увязать в основном с усилением газов от сжигания неископаемого топлива, таких как метан, фреон, закись азота и тропосферный озон.

В качестве альтернативы стратегии смягчения риска, которая фокусируется в первую очередь на сокращении углекислого газа (и, следовательно, на сокращении сжигания ископаемого топлива), Хансен предлагает всеобъемлющую стратегию на ближайшие 50 лет, которая значительно снижает участие неуглекислых газов и стремится к более умеренному сокращению выбросов углекислого газа посредством мер по эффективности использования энергии и оборота топлива. Они признают, что нельзя позволить выбросам аэрозоля увеличиваться одновременно с выбросами углекислого газа по другим экологическим причинам, и, следовательно, стимуляция чистого ископаемого топлива станет в будущем крайне позитивной. Поэтому по прошествии ближайших 50 лет стратегии должны сконцентрироваться на технологиях замены ископаемого топлива.

Г.6 Уже слишком поздно останавливать потепление климата?

Ответ: Ученые соглашались в том, что текущая тенденция потепления не может быть остановлена или повернута вспять, но процесс можно замедлить, чтобы дать биологическим системам и человеческому обществу больше времени для адаптации.

Разъяснение: Есть две причины, почему дальнейшее изменение климата уже неизбежно. Первая, существует огромная инерция в климатической системе (в основном благодаря медленной ответной реакции океанов) и, следовательно,

температуры лишь частично отреагировали на повышенные концентрации тепличных газов уже в атмосфере. Поэтому, даже если сегодня прекратить все выбросы, дальнейшее остаточное потепление займет ряд десятилетий, прежде чем климат достигнет состояния нового равновесия. Вторая, несмотря на то, что глобальные выбросы тепличных газов можно замедлить, пройдет много времени, чтобы перейти от глобальной экономики, основанной на ископаемом топливе, к альтернативной. Таким образом, дальнейшие выбросы и, следовательно, нарастающее потепление тоже неизбежны. Однако смягчающие действия могут замедлить и, в конечном счете, остановить этот рост.

УРАГАН «КАТРИНА» РАЗВЕЯЛ МИФ ОБ УЯЗВИМОСТИ К КЛИМАТУ И ПОГОДЕ

М. Глянц

Вот уже тридцать лет я опровергаю мнение, преобладающее среди ученых-климатологов и политиков, которые верят и не верят в глобальное потепление, о том, что развивающиеся страны наиболее уязвимы к воздействиям изменения климата, чем промышленно развитые страны. Я продолжаю считать, что мнение о том, что развивающиеся страны наиболее уязвимы, нереальное. Прежде всего, оно связано с самообманом людей, живущих в богатых странах и окруженных технологиями, которые, как они думают, защитят их, технологиями, о которых люди, живущие в развивающихся странах, могут только мечтать.

Нам на расстоянии довелось увидеть, как сверхсильные бури того или иного вида оказали воздействие на общины в развивающихся странах. Самым последним геофизическим явлением (не связанным с погодой) было смертельное цунами в Индийском океане, произошедшее 26 декабря 2004 года и унесшее сотни тысяч жизней. Другим был ураган Мич, произошедший в конце 998 года (более 17 тыс. погибших). Еще одним был мощный циклон в Ориссе, Индия (20 тыс. погибших). В 2003 году на Южную Корею обрушился сильный тайфун Мэми. С конца 1980-х гг. наблюдается рост числа сверхмощных смертельных природных явлений: тропические бури, зимние бури, пожары и самое крупномасштабное и разрушительное явление века Эль-Ниньо в период 1997-1998 гг. и т. д.

В большинстве из этих случаев мы видим, как толпы малоимущих людей бродят по руинам, где когда-то были их дома, в поисках чего-нибудь, что можно было сохранить. Печальная разница между бедными и богатыми странами состоит в том, что люди, живущие в бедных странах, привыкли к бедствиям и им часто приходится самим справляться со стихийными и другими бедствиями. В богатых странах люди ждут помощи от своих правительств и обычно получают ее, поскольку те имеют средства на разрешение проблем, то, чего нет у многих более бедных стран. У богатых стран, однако, порог выносливости к неудобствам намного ниже.

Трудно было доказать данную точку зрения об относительной уязвимости богатых и бедных стран; трудно было доказать до настоящего времени. В конце августа 2005 года на прибрежные районы Луизианы, Миссисипи и Алабамы у Мексиканского залива обрушился ураган «Катрина», и он продемонстрировал, насколько уязвимы все сообщества, несмотря на уровень развития науки и техники.

Могущественные США были застигнуты врасплох. Большинство американцев беспомощно следят за тем, как люди в зоне бедствия, особенно в Новом Орлеане, просят о помощи, но не получают ее. Находящиеся на крышах, внутри центров для собраний и на стадионах, люди просят воду, еду, молочную смесь и подгузники для детей, предоставить туалеты и спасательные вертолеты и т.д.

Мы никак не ожидали увидеть это в Америке, особенно во власти стихийного бедствия, которое можно предсказывать, отслеживать и наблюдать с минуты на минуту по телевидению, метеоканалу или радио. Некоторые очевидцы заявили, что ущерб от этого урагана дает повод, чтобы считать его самым разрушительным стихийным бедствием, случившимся за последние сто лет в истории страны.

СМИ переполнены ужасными сообщениями о последствиях урагана «Катрина». Каждое сообщение хуже предыдущего: плохое прогнозирование бедствия, которое должно было когда-нибудь случиться; слабая ответная реакция Президента и его администрации; несвоевременное принятие мер против мародеров; нехватка воды; открытие людьми огня по спасательным вертолетам и т.д.. Очевидно, исследователи больше не могут сказать, какие правительства более уязвимы, чем другие. Мы все уязвимы к воздействиям природы. Возможно, разница состоит в том, что мы, жители богатых стран, в конечном счете оправимся, тогда как развивающиеся страны не имеют ресурсов для этого. Но мы все уязвимы к воздействиям.

А климат продолжает изменяться

Сейчас мы все больше и больше сталкиваемся с трудностями, которые нам неизвестны, тогда как трудности, о которых мы уже имеем представление, больше не кажутся важными. Наконец, следует отметить, что реакция Федерального правительства США на последствия крупного стихийного бедствия в наиболее пострадавших от него штатах у Мексиканского залива была в лучшем случае слабой. То, что через несколько дней после наступления урагана «Катрина» министр внутренней безопасности охарактеризовал эту реакцию «замечательной», является не только оскорбительным, но и абсолютно нереальным. На какой планете он живет?

В то время как страна переживает тяжелое время, наставшее в результате урагана «Катрина», она зажимает нос от зловония реакции Президента, его администрации и Конгресса США по принципу «на день позже - на доллар меньше».

КЛИМАТ ПРЕПОДНОСИТ СЮРПРИЗЫ, КОТОРЫЕ НАС УЖЕ НЕ УДИВЯТ

М. Глянц

«Сюрприз» – странное слово. Часто оно не означает того, что изначально должно означать. Следующие определения понятия «сюрприз» были взяты из Оксфордского словаря английского языка.

- Акт **неожиданного** нападения на кого или что-либо; внезапная атака.
- Заставать врасплох: нападать **неожиданно**; следовательно, поражать **неожиданностью**.
- Что-либо, застающее кого-либо врасплох; **неожиданное** происшествие или случай; что-либо **неожиданное** или удивляющее.
- Чувство или эмоция, вызванная чем-либо **неожиданным**, или к которому еще не подготовлены; тревога, ужас или замешательство, вызванное внезапной атакой, бедствием или подобным явлением.
- Сюрприз – это чувство или душевное состояние, близкое к изумлению и потрясению, вызванному **неожиданным** происшествием или обстоятельством.

Ключевым элементом разных определений понятия «сюрприз» в словаре является *неожиданность*. Тем не менее, многие из нас используют слово «сюрприз» в тех значениях, которые не зависят от элемента «неожиданности». Например, я уверен, что иногда при разговоре со своими друзьями мы использовали такие выражения, как «я был почти удивлен», «очень удивлен», «немного удивлен», «слегка удивлен» и т.д. Такие выражения были взяты из различных статей.

Дело в том, что существуют «известные сюрпризы или неожиданности». Это звучит как фраза, в которой слова противоречат друг другу. Если вы верите формальному толкованию слова, то не можете знать, что произойдет сюрприз. Тем не менее, существуют известные сюрпризы или неожиданности.

Известные неожиданности

Я определил несколько связанных с климатом неожиданностей для стран Африки, расположенных к югу от Сахары. Следующий перечень неожиданностей, например, для правительств или СМИ, которые уже не должны удивлять, был составлен во время дискуссии о голоде, проведенной в 2002 году в Малави.

- Когда наступает засуха (т. е. здесь определяется как количество осадков, меньшее, чем количество, требуемое для благоприятного сельскохозяйственного производства или достаточного растительного покрова среды обитания), правительства удивляются и поэтому зачастую не готовы эффективно справляться с этим. Тем не менее, засуха в регионе Африки, расположенном к югу от Сахары, является не только малой вероятностью, но и предсказуемым явлением, происходящим где-либо на континенте в каком-либо го-

ду. То, что засуха наступает полностью и с некоторой регулярностью, не должно никого удивлять при ее наступлении. Однако, тем, что является серьезность ее физических свойств или ее воздействий на разные страны или села.

- Во время «Эль-Ниньо» в Тихом океане на радиусе тысячи километров существует вероятность (но не сам факт) засухи в разных странах, особенно в восточной, северо-восточной и южной частях Африки.
- Нехватка продовольствия часто является результатом неправильной политики землепользования. Имеется множество примеров того, что люди и правительства поощрены выращивать такие сельскохозяйственные культуры, которые не очень подходят к местным или региональным климатическим условиям. Хотя выращивание пшеницы, например, на орошаемых землях северно-восточной Нигерии не является лучшим способом использования земли и воды. Например, пшеница более чувствительна к неблагоприятным изменениям в количестве выпадающих атмосферных осадков и температуре, чем другие традиционные культуры, выращиваемые в регионе, такие как просо и сорго.
- Во многих сельскохозяйственных районах наблюдается конкуренция между выращиванием культур для потребления в собственном хозяйстве и выращиванием товарных культур. Культуры, выращенные для собственного потребления, питают людей, в то время как товарные культуры выращиваются для экспорта из страны. Фермерам платят за выращенные ими товарные культуры (такие, как хлопок), но если наступит засуха и производство товарных культур резко уменьшится, то им нечем будет питаться или расплачиваться за продовольственные товары на местном рынке. Часто оросительные системы строят для выращивания товарных культур для экспорта. Это продолжается даже в странах, испытывающих недостаток продовольствия.
- Во время длительных сильных засух часто тем, кто был вынужден брать займы семена для посева, продовольствие для семьи или средства для приобретения продовольствия, приходится возвращать ссуды под высокие проценты наличными или натурой (в виде работы на полях займодавца). Это создает и увековечивает неравные взаимоотношения между лицом, дающим под проценты семена или деньги, и теми, кто берет их. Это ведет к большей эксплуатации займодавцем заемщика, которому, возможно, придется, например, работать на полях займодавца в критические периоды посева и сбора урожая, забросив свои поля.
- Время, за которое гуманитарные организации-доноры по оказанию продовольственной помощи должны отреагировать на сложившиеся условия острого дефицита, относительно долгое. Через пару десятилетия система должна работать, но может быть существенно улучшена. Отчасти вопрос состоит в том, как разные люди представляют проблемы продовольствия и используют показатели для их выявления: некоторые люди знают, что выявление проблемы продовольствия начинается с оценки состояния посевов на поле, в то время как другие выявляют ее по таким признакам острой нехватки, как покидание людьми родных сел в поисках еды.
- Не вся продовольственная помощь идет к тем, кто в ней нуждается. Это представляет проблему для донорских организаций продовольственной помощи. В качестве примеров можно привести случаи, когда, продовольствие, предоставляемое в качестве помощи, было переправлено правительствами

на содержание армии или исчерпано вследствие его распродажи на черном рынке.

- В действительности правительства часто не выполняют своих обязательств по оказанию продовольственной помощи. Правительства-доноры, как и людей, охватывает волнение по поводу бедствия, в том числе по поводу необходимости помочь жертвам. Даже когда наступает время предоставления продовольственной помощи или обещанных средств, часто они их не предоставляют.
- Те слои населения, которые могут стать жертвами засух, известны уже до наступления продовольственного дефицита. Большинство людей, которые подвергнуты риску недоедания при продовольственном дефиците, могут быть заранее определены: малоимущие люди, беременные женщины, пожилые и дети.
- Хорошо известно, что существует время года до сбора урожая, известное как сезон голода. Это период, начинающийся до уборки урожая и продолжающийся в течение этого времени, когда продовольствие, имеющееся у людей, очень ограничено. Это период, когда люди тяжело трудятся на полях, и когда продовольственные запасы большинства семей находятся на очень низком уровне.
- Люди зависят от естественного течения сезонов. Все, что нарушает ожидаемый сезонный ритм – как засуха или наводнение, вспышка инфекционных заболеваний или запоздавшее наступление или преждевременное завершение сезона дождей – вызывает существенные общественные потрясения.
- Во время крайнего продовольственного дефицита, особенно голода, наблюдается рост миграции населения в поисках еды и приюта. Могут быть заранее приняты подготовительные меры для того, чтобы удержать людей в их селах или вблизи их сел путем предоставления продовольствия или средств для общественных работ, как это было сделано в Латинской Америке.

Некоторые мнения для обсуждения

Каждая из этих двенадцати ситуаций была рассмотрена как неожиданность, тогда как в действительности это не так. Мы знаем многое о том, что происходит в странах Африки, расположенных к югу от Сахары, где дожди не выпадают, реки иссыхают или производство сельхозкультур падает как камень из поговорки. По крайней мере, на уровне перспективного стратегического планирования национальные правительства и международное сообщество могут и должны предпринимать эффективные предупредительные и подготовительные меры в ответ на предвидимый продовольственный дефицит, который может возникнуть в разных частях Африки в любом году (это, однако, требует политической воли). Хотя правительства, банки развития и донорские организации могут преподнести сюрприз путем сокращения доступа к продовольствию на рынке, утверждая, что это не так.

В основе большинства вышеуказанных моментов лежит то, что правительства и доноры должны предпринимать меры раннего предупреждения намного серьезнее, чем они предпринимали в прошлом. Недостаточно иметь точный прогноз бедствия, то есть хорошая система прогнозирования является лишь частью более крупной системы раннего предупреждения, в которой механизмы пере-

дачи информации и реагирования являются неотъемлемой частью. Также недостаточно предпринимать меры раннего предупреждения, если их нужно финансировать на нижнем уровне, что не позволяет эффективно и своевременно предупреждать тех, которые нуждаются, не дав им достаточного времени для реагирования на предупреждение.

Эффективные системы раннего предупреждения могут дать правительствам возможности в тех направлениях, которые помогают им защищать своих граждан, также как и свою политическую стабильность. В конце концов, существует несколько примеров, когда плохая реакция на существующую опасность или ее дальнейшие негативные последствия приводили к крушению правительств, как было во время засухи в период 1968-1973 гг. в Сахеле, Африка, когда четыре правительства были уничтожены ударами от засухи.

КАК ГЛОБАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ ПОВЛИЯЕТ НА МОЙ МИР?

Упрощенный вариант публикации МГЭИК «Изменение климата 2001: воздействие, адаптация и уязвимость»

Предисловие

Глобальное потепление уже меняет мир вокруг нас, причем ученые могут измерить и количественно определить эти изменения. С каждым десятилетием подобные изменения будут становиться более явными. Хотя сокращение эмиссии парниковых газов для минимизации будущего изменения климата должно быть первостепенным, мы должны также быть готовы к реагированию на неизбежное воздействие наших прошлых выбросов. Людям необходимо понять, как изменение климата повлияет на них и что они могут сделать, чтобы справиться с его последствиями.

К счастью, Рабочая команда II Межправительственной Группы экспертов ВМО/ЮНЕП по изменению климата (МГЭИК) оценила объем информации, полученной учеными об ожидаемом воздействии, и пути адаптации к этому воздействию. Результаты оценки представлены в публикации «Изменение климата 2001: воздействие, адаптация и уязвимость», которая является частью Третьего оценочного отчета МГЭИК. В этот отчет также включены материалы по причинам изменения климата и вариантам ограничения эмиссий парниковых газов.

Данный упрощенный справочник излагает весьма специфичные заключения Рабочей команды II на общедоступном языке. Это неофициальный документ, который не был принят или одобрен МГЭИК. Напротив, он пытается сделать сотни страниц детализированного материала по «Воздействию, адаптации и уязвимости» доступными для более широкой аудитории. Я призываю читателей обращаться к оригиналу упомянутой публикации и на веб-сайт МГЭИК за дополнительной информацией.

Клайс Тёпфер
Исполнительный директор
Программы ООН по окружающей среде

О МГЭИК

Межправительственная Группа экспертов по изменению климата была создана в 1988 году Всемирной Метеорологической Организацией (ВМО) и Программой ООН по окружающей среде (ЮНЕП). МГЭИК не проводит новые исследования. Ее техническое задание включает выполнение стратегических оценок имеющейся литературы по научным, техническим и социально-экономическим аспектам изменения климата. Большая часть этой литературы появлялась в виде прошедших экспертную оценку публикаций.

МГЭИК подготовила серию оценочных отчетов, специальных докладов, технических материалов и методологий, которые стали стандартными руководствами для разработчиков стратегии, экспертов и студентов в области изменения климата. Группа состоит из трех рабочих команд: рабочая команда I занимается наукой климатической системы; рабочая команда II рассматривает вопросы воздействия, уязвимости и адаптации; рабочая команда III сосредоточена на «смягчении», т.е. вмешательстве со стороны человека для сокращения новых эмиссий парниковых газов.

Первый оценочный отчет МГЭИК был подготовлен в 1990 году и помог инициировать межправительственный диалог, который привел в 1992 году к Рамочной Конвенции ООН по изменению климата. Ее второй оценочный отчет был опубликован в 1996 году и сыграл роль в переговорах по Киотскому протоколу. Третий оценочный отчет 2001 года был сосредоточен на новых результатах с 1995 года и уделил особое внимание имеющейся информации об изменении климата на региональном уровне.

Введение

Посмотрите внимательнее и вы увидите влияние изменения климата.

Ученые документально обосновали вызванные климатом изменения в 100 физических и 450 биологических процессах. В российском заполярье повышенные температуры ведут к таянию вечной мерзлоты, вызывая просадку фундамента пятиэтажных жилых зданий. По всему миру идут более сильные дожди. Наводнения и ураганы стали более серьезными, а тепловые волны более критическими. Зимой реки замерзают позже и начинают таять раньше. Деревья зацветают весной раньше, насекомые появляются быстрее, а птицы раньше откладывают яйца. Ледники тают. Мировой средний уровень океана поднимается.

Даже если мы сегодня значительно сократим наши выбросы парниковых газов, подобные тенденции будут продолжаться в течение ближайших десятилетий или столетий.

Темпы изменения климата, ожидаемые в следующие 100 лет, беспрецедентны в истории человечества. В геологической истории Земли средняя мировая температура обычно изменялась на 5°C с промежутком в миллионы лет. Сейчас уче-

ные считают, что температура поверхности Земли – которая уже повысилась на 0,6°C с конца 1800-х – в 21 веке вероятно поднимется еще на 1,4-5,8°C.

Такие необычно быстрые темпы изменения повлияют на фундаментальные системы Земли, от которых зависит наша жизнь – включая океаническую циркуляцию и гидрологические, углеродные циклы и круговорот питательных веществ. Это нарушит естественные и регулируемые экосистемы, которые обеспечивают нас водой, продуктами питания и одеждой. Это дополнит существующие экологические стрессы, такие как опустынивание, ухудшающееся качество воды, ослабление стратосферного озона, загрязнение городского воздуха и обезлесение.

Исследователи приложили немало усилий только чтобы проанализировать, как изменение климата повлияет на естественную среду и человечество. Причинно-следственные связи зачастую сложные, а распределение их во времени неопределенно. Однако хотя и требуется намного больше исследований, сегодня мы понимаем более обстоятельно, чем когда-либо раньше, что произойдет – и что может случиться потом – в каждом регионе мира. Теперь мы также больше знаем, чем раньше, как можно адаптироваться к ожидаемому воздействию и помочь наиболее уязвимым людям.

В данной брошюре обобщается самая последняя оценка этого накапливающегося знания, выполненная Межправительственной Группой экспертов по изменению климата (МГЭИК).

Природа

Полярные регионы будут нагреваться быстрее

Наблюдаемые изменения

- Температуры арктического воздуха повысились примерно на 5°C в 20 веке – в десять раз быстрее, чем средняя мировая температура поверхности – а температуры поверхности арктических вод выросли на 1°C за прошедшие 20 лет.
- В Северном полушарии покров весеннего и летнего морского льда уменьшился примерно на 10-15% с 50-х до 2000 года; протяженность морского льда на скандинавских морях сократилась за последние 130 лет на 30%.
- Толщина арктического морского льда уменьшилась на 40% в период с конца лета и начала осени за последние три десятилетия 20 века.
- Бореальные леса Аляски расширяются к северу на 100 км на каждое повышение температуры на один градус Цельсия.
- Количество осадков, выпадающих над Антарктикой, увеличилось; Антарктический полуостров пережил заметное потепление за последние 50 лет и остальная часть континента также, по видимому, потеплела.
- Поверхностные воды Южного океана потеплели и стали менее минерализованными; вода, поступающая из Атлантического океана в Северный Ледовитый океан, также потеплела, а воды моря Бофорта стали менее солеными.

- На основных ценных залежках тюленей в Беринговом море количество молодняка сократилось наполовину в период с 50-х по 80-е.

21 век

Ожидается дальнейшее потепление в Арктике и Антарктике. Большая площадь морского льда исчезнет; в Арктике это позволит кораблям безопасно продвигаться через обширное пространство океана, которое прежде было заблокировано льдом. Большая часть Антарктики будет прогреваться медленнее и наибольшие изменения, вероятно, произойдут позже.

На обширной территории Арктики леса заменят тундру. Многие виды растений и животных либо мигрируют, размножатся в новых условиях обитания, либо их численность сократится. Под наибольшей угрозой будут находиться моржи, белые медведи, тюлени и другие морские млекопитающие, которые зависят от ледяных полей, где они отдыхают, кормятся и размножаются. Популяции крилей и других мелких организмов сократятся по мере отхода льда, с наиболее серьезными последствиями для рыбы, китов и других морских млекопитающих. Учитывая роль криля во многих пищевых цепях, вся морская пищевая «сеть» может серьезно пострадать.

Под непосредственным сильным воздействием окажутся коренные жители, которые населяли холодный Север испокон веков. Их знания о том, где и когда охотиться, ловить рыбу и собирать пищевые растения уже становятся менее надежными, поскольку площадь морского льда сокращается, материковый лед тает, а птицы, рыба, растения и животные меняют свое сезонное распределение и местоположение.

Люди, живущие в современных городах или поселках на крайнем севере, также пострадают, поскольку вечная мерзлота – вечномерзлый слой грунта и воды под поверхностью Земли – продолжает таять. Это приведет к просадке почвы и повреждению зданий, трубопроводов, дорог и другой инфраструктуры.

Остальная часть человечества окажется под косвенным воздействием потепления, которое, тем не менее, будет значительным, особенно за счет повышения уровня моря (см. ниже). Кроме того, полярные регионы являются ключевыми движущими силами глобальных погодных условий и изменения, вызванные глобальным потеплением, могут способствовать усилению парникового эффекта со стороны этих регионов. Например, потепление приведет к высушиванию тундры, которая впоследствии умирает и разлагается, выделяя дополнительный углекислый газ (CO_2) и метан (CH_4).

Полярные регионы также управляют океанической циркуляцией. Когда морская вода замораживается, она сбрасывает свои соли. Вода подо льдом становится более соленой и поэтому тяжелее, опускается на дно океана и создает импульс, который направляет основные течения океанов. Однако когда морской лед и ледники тают, верхние слои морской воды становятся менее солеными, это уменьшает объем очень соленой воды, которая опустится на дно, и ослабляет ее сильное влияние на глобальную океаническую циркуляцию. По наилучшему сценарию это может замедлить или даже остановить глобальную океаническую циркуляцию в последующие столетия. Это окажет значительное

воздействие на климаты регионов – например, если Гольфстрим, который греет северную Европу, исчезнет – и может сократить обеспеченность морской флоры и фауны питательными веществами.

Что можно сделать?

К сожалению, полярные регионы сильно уязвимы в отношении изменения климата и их природные и человеческие системы имеют низкий потенциал к адаптации. Коренное население с традиционным образом жизни располагает довольно ограниченными возможностями для реагирования на ожидаемые изменения. Однако технически развитые общества, вероятно, смогут адаптировать свою инфраструктуру и транспортные средства к новым условиям и извлекать пользу из новых торговых и коммерческих возможностей.

Новые режимы распределения осадков представляют угрозу для водообеспеченности

Наблюдаемые изменения:

- Выпадение осадков над многими средне- и высокоширотными районами Северного полушария стало более интенсивным.
- В целом количество осадков сократилось в тропиках и субтропиках обоих полушарий, когда идет дождь, зачастую он бывает таким сильным, что приводит к эрозии и наводнениям.
- На большей части Восточной Европы, европейской части России, Центральной Канады и Калифорнии пиковый речной сток сдвинулся с весны на зиму, поскольку больше осадков выпадает в виде дождя, чем снега, тем самым, достигая реки быстрее, чем раньше.
- В крупных водосборных бассейнах Африки - Нигер, озеро Чад и Сенегал, общая водность снизилась на 40-60%.
- Процессы опустынивания усиливаются за счет более низкого среднегодового количества осадков, поверхностного стока и почвенной влажности, особенно на юге, севере и западе Африки.
- Повышенное высушивание летом и сопутствующий риск засухи наблюдается в нескольких континентальных регионах, включая Центральную Азию и Сахель.
- Некоторые наблюдения за тропическими циклонами указывают на повышение, как среднего количества осадков, так и их экстремумов.

21 век

Режимы распределения осадков будут продолжать меняться по всему миру. Компьютерные модели постоянно прогнозируют, что по мере развития процесса потепления, умеренные регионы, а также Юго-Восточная Азия будут получать больше осадков.

В целом, глобальное потепление должно ускорить круговорот воды. Более теплый воздух увеличивает испарение воды. Более теплая атмосфера может удерживать больше водяного пара, так что большее количество воды может возвращаться обратно на Землю в виде дождя или снега. В результате, выпадение экстремального количества осадков должно стать более частым и интенсивным,

приводя к худшим наводнениям. Разлив Рейна в 1996 и 1997 гг., китайское наводнение в 1998 году, наводнения в Восточной Европе в 1998 и 2002 гг., а также мозамбикское и европейские наводнения 2000 года указывают на изменение круговорота воды.

Между тем, ожидается, что количество осадков над Центральной Азией, Средиземноморским регионом, Сахелью и многими другими регионами Африки, Австралии и Новой Зеландии существенно сократится. Помимо этого, усиленное испарение в этих регионах приведет к более засушливым условиям с большой вероятностью засухи.

Во многих странах последствия уменьшения атмосферных осадков и повышения испарения будут представлять повышенный риск для обеспеченности пресной водой. Кроме того, могут пострадать страны, которые зависят от стока с гор, вследствие отступления ледников и сокращения накопления снега. Нехватка воды может серьезно повлиять на производство продовольствия. Конфликты из-за воды, особенно в речных и озерных бассейнах, совместно используемых несколькими странами, могут сильно обостриться.

Помимо изменения распределения осадков, изменение климата также повлияет на качество пресной воды. Водоросли и другие растения растут в большом количестве в более теплых условиях и при их разложении в воде накапливаются повышенные уровни питательных веществ. Одновременно, более интенсивные дожди будут смывать больше загрязняющих веществ с окружающих земель и с переполненных сбросных сооружений. В регионах, где осадки сократятся, оставшиеся водные ресурсы будут иметь более высокую концентрацию загрязняющих веществ.

На качество воды также повлияет подъем уровня моря. Более соленая вода найдет пути поступления в прибрежные водоносные горизонты и устья, делая пресные воды солоноватыми и, в конечном счете, небезопасными. Это окажет серьезное воздействие в некоторых районах, особенно на низменные острова и атоллы, которые зависят от подземных вод для своего обеспечения питьевой водой. Интрузия морских вод также повлияет на обеспеченность поверхностными пресными водами населения, проживающего в дельтах рек.

С учетом одной трети населения мира, живущего в странах, которые уже испытывают дефицит воды, и сильного роста численности населения и спроса на воду, обеспеченность пресной водой может стать одним из наших самых слабых мест в мире изменения климата.

Что можно сделать?

Воздействие от наводнений можно снизить с помощью улучшения управления землепользованием. Многие виды деятельности человека неуместны в подверженных наводнениям низинах; например, нельзя строить дома на уязвимых берегах рек и в поймах.

Преобразование методов землеустройства может также смягчить последствия засухи в засушливых районах мира. В подобные действия необходимо полностью вовлечь местные общины. В этом направлении следует использовать как высокотехнологичные (спутниковые изображения и средства связи), так и тра-

диционные решения (террасированные крутые уклоны, водосбережение). Здесь могут помочь новые инвестиции в водохранилища и другую инфраструктуру. Управление обеспечением и требованиями на воду можно улучшить посредством регулирований, технологий, стимулов и, прежде всего, обучения водосбережению. Вопросы, связанные с изменением климата, должны быть учтены в интегрированном управлении водными ресурсами.

Рисунок 1. Население мира, испытывающее дефицит пресных вод, водный стресс и имеющее относительно удовлетворительную водообеспеченность в 1995 и 2050 гг.



Примечание: размер пирога пропорционален мировому населению в обозначенном году
 Источник: T.Garner-Outlaw and R.Engelman, 1997. *Sustaining Water, Easing Scarcity: a second Update*. Population Action International. Washington D.C.

Живая природа и экосистемы столкнутся с дополнительным стрессом

Наблюдаемые изменения

- В Альпах некоторые виды растений мигрируют на 1-4 м вверх каждое десятилетие, некоторые растения, которые прежде можно было найти только на вершинах гор, теперь исчезли.
- Бабочки, стрекозы, мотыльки, жуки и другие насекомые теперь живут на высоких широтах и высотах, где прежде было слишком холодно, чтобы они могли выжить; перелетные птицы прилетают весной раньше, а улетают осенью позже, и многие птицы и амфибии воспроизводят потомство раньше.
- Рыбы, живущие в холодных и прохладных водах, теряют пригодную для них среду обитания; тепловодные рыбы расширяют свои ареалы, как в северном, так и в южном полушарии.
- Некоторые виды птиц из Европы, Северной и Латинской Америки размножаются раньше по сезону; в Европе кладка яиц сдвинулась за последние 23 года, в Великобритании 20 из 65 видов, включая птиц, мигрирующих на большие расстояния, сдвинули свои сроки кладки яиц в среднем на восемь дней в период с 1971 по 1995 гг.
- Редкие виды, такие как карликовая седлоносная жаба, живущая во влажных лесах Коста-Рики, вымирают вследствие того, что их среды обитания становятся более засушливыми.

- Изменения в климатических параметрах повысили частоту и интенсивность вспышек сельхозвредителей и заболеваний, поскольку соответствующие организмы сдвинули свои ареалы в направлении полюса или на большие высоты.
- По всей Европе вегетационный сезон в культурных садах со смешанными видами растений удлинился на 10,8 дней с 1959 по 1993 гг.; отдельные исследования 46 видов растений и деревьев в США показали, что они зацветают раньше из-за более высоких весенних температур.
- Почти две трети ледников на Гималаях и Тянь-Шане отступили за последнее десятилетие; ледники в Андах также сильно сократились в течение нескольких последних десятилетий.

21 век

Климат формирует географическое распределение растительных и животных видов на Земном шаре. Многие растения, например, могут успешно размножаться и произрастать только в узком температурном диапазоне и в ответ на достаточное количество и сезонное распределение атмосферных осадков.

По ходу времени растения, животные, птицы, насекомые, рептилии, амфибии, рыбы и даже грибы и микробы вынуждены будут приспосабливаться к новым климатическим условиям. Некоторые виды будут процветать, а другие уменьшаться или погибать. Некоторые животные и насекомые просто переберутся в более подходящую среду, другие не смогут поменять ареал, поскольку им мешают человеческие поселения или природные преграды. Многие виды растений не смогут мигрировать с необходимой скоростью, и здесь потребуются человеческое вмешательство. Многие рыбы, живущие в холодных и прохладных водах, могут исчезнуть из-за потери среды обитания, большинство на страх местных рыбопромысловых общин.

В результате климатического стресса большинство видов, которые в настоящее время находятся под серьезной угрозой вымирания – около 25% млекопитающих и 12% птиц уже подвергаются значительному риску – могут исчезнуть в течение следующих нескольких десятилетий. Однако изменение климата является только одним из большого списка давлений на живую природу. Среди других находится вырубка лесов и другие изменения в землепользовании, охота и торговля животными и птицами, загрязнение, экстремальные климатические явления, заболевания диких животных, столкновение с человеческой инфраструктурой, война и другие гражданские конфликты. Самым большим стрессом среди прочих является изменение и деградация среды обитания, которая затрагивает около 89% птиц и 83% млекопитающих, находящихся под угрозой вымирания.

Отдельные виды мигрируют или вымирают, состав экосистем и пищевые цепи меняются. Ожидаемые темпы изменения в ближайшие 100 лет будут намного более ускоренными по сравнению с прежними темпами, переживаемыми природными системами в течение нескольких тысяч, если не миллионов лет.

В то же время, многие растения могут положительно реагировать на повышение содержания углекислого газа в атмосфере, что сказывается в ускоренном росте при меньшем использовании воды. Однако более высокие температуры

усиливают испарение почвенной влаги и разложение органического вещества в почве, приводя к изменениям в составе смеси питательных веществ. Во многих случаях это может замедлить рост растений, одновременно повышая выделение ими CO₂ в атмосферу.

Повышение уровней CO₂ в атмосфере также окажет воздействие на растения. Например, это уменьшит содержание протеина в пшенице и рисе, снизит качество многих видов кормовых культур. Дикие растения пока не изучались углубленно, однако вероятно, что качество многих из этих видов также ухудшится, тем самым, затрагивая диких животных и других созданий, питание которых зависит от этой растительности.

Глобальное потепление может усилить это отрицательное воздействие на рост и производство растений, способствуя распространению паразитов и заболеваний. Другие ожидаемые эффекты включают повышенное выщелачивание питательных веществ из почв во время интенсивных дождей, повышенную эрозию из-за сильных ветров и больше случайных лесных пожаров в засушливых регионах.

Подобные драматические изменения, вероятно, будут иметь серьезные последствия для человека, который зависит от многих товаров и услуг, предоставляемых природными экосистемами. Услуги, предоставляемые дикой природой, включают опыление, естественный контроль паразитов, рассеивание семян, рекреацию и многие другие. Ветланды способствуют контролю паводков, циклированию питательных веществ, детоксификации воды, а леса дают древесное топливо, пищу, волокно и много другое. Ценность этих продуктов и услуг огромна.

Что можно сделать?

Большинство программ по охране природы сегодня уделяют больше внимания паркам и охраняемым территориям. Однако стратегии адаптации к изменению климата относятся ко всей природе. Системы мониторинга могут помочь выявить тенденции, управляемые изменением климата, и тем самым определить варианты адаптации к ним. При планировании природоохранных мероприятий может потребоваться принять, что некоторые генотипы, виды и экосистемы невозможно сохранить в отдельной зоне или регионе из-за изменившихся условий и что основное внимание следует уделить укреплению устойчивости биоразнообразия в целом.

Среди возможных решений могут быть создание сетей заповедников со связующими коридорами для обеспечения распространения и миграционных путей для растений и животных. Решающую роль также могут сыграть программы разведения животных в неволе, банки семян, и программы перемещения животных и растений. Некоторые услуги, такие как естественный контроль паразитов, опыление и рассеивание семян, обеспечиваемые дикой природой, могут быть заменены человеком и соответствующими технологиями.

Согласованные стратегии по землепользованию, улучшению ландшафтов и водоснабжения могут одновременно обеспечить потребности человека и цели охраны природы. Аналогично, интегрированное управление прибрежным про-

мыслом может снизить давление на некоторые прибрежные территории. Усилия по повышению устойчивости земледелия и сельскохозяйственному развитию может сделать биоразнообразие более устойчивым. Сбережение древесного топлива, например, путем внедрения эффективных печей, биогаза и других источников возобновляемой энергии, может снизить нагрузку на леса и тем самым защитить биоразнообразие.

Уровень моря будет подниматься по мере прогрева морских вод

Наблюдаемые изменения

- Обширные площади океанов прогрелись за последние 50 лет; в мировом масштабе, температуры поверхности моря повысились пропорционально температурам поверхности земли.
- Глобальный средний уровень моря поднялся на 10-20 см в 20 веке – в десять раз быстрее, чем за прошлые три тысячи лет.
- Больше воды испаряется с поверхности моря; это вероятно привело к повышению на несколько процентов общего атмосферного водяного пара над многими регионами северного полушария в течение десятилетия.
- 70% песчаных береговых линий отступило за последние 100 лет; 20-30% стабильные, а менее 10% продолжают отступать.
- Морская вода просачивается в пресноводные горизонты и проникает в дельты низменных прибрежных территорий, особенно на низкорасположенных островах.

21 век

Ожидается, что изменение климата вызовет дальнейшее повышение температуры поверхности моря и среднего глобального уровня моря – далее с 9 до 88 см к 2100 году. Оно также приведет к сокращению ледяного покрова и к изменениям минерализации воды, волновых условий и океанической циркуляции.

Это в свою очередь окажет сильное влияние на запасы пресных вод, погодные условия и штормы над океанами и прибрежными регионами. Многие прибрежные районы подвергнутся более частым наводнениям, интенсивной эрозии, переживут потерю ветландов и мангровых лесов и интрузию морской воды в запасы пресных вод.

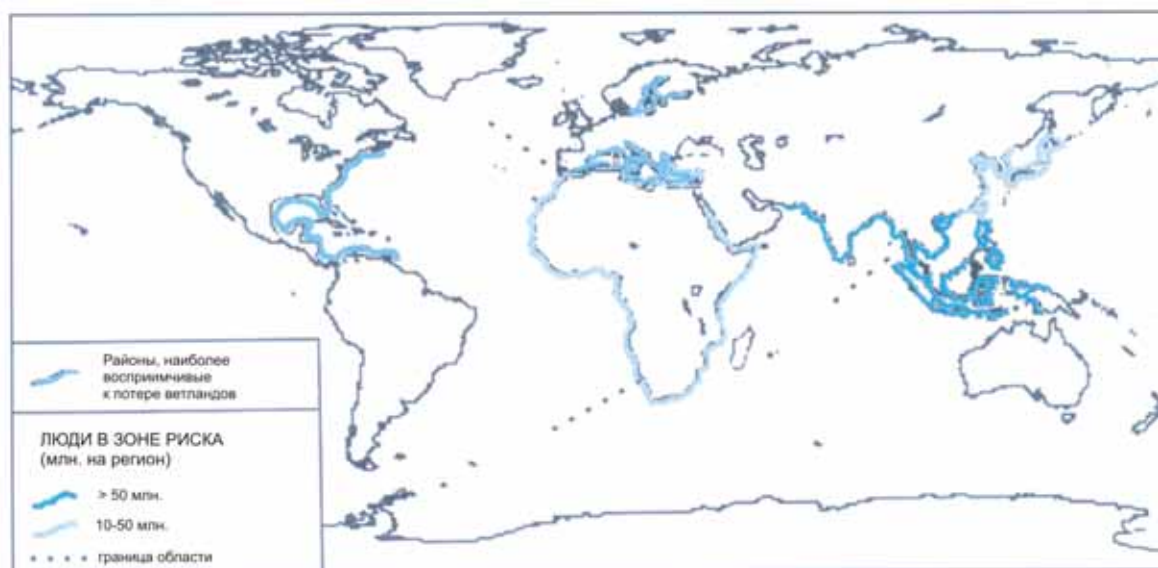
Степень и серьезность последствий от штормов, включая наводнения от штормового нагона и береговую эрозию, усилятся в результате подъема уровня моря и других воздействий изменения климата.

Последствия для чрезвычайно разнообразных и продуктивных прибрежных экосистем, таких как коралловые рифы, атоллы, острова-риффы, солончаковые болота и мангровые леса, будут зависеть от темпов подъема уровня моря по сравнению с темпами поступления наносов и естественного роста экосистем. Другие параметры включают возможности для экосистем мигрировать на территории, удаленные от моря, изменения в температурах и штормистости моря, нагрузка со стороны деятельности человека в прибрежных зонах.

Будущее нагревание поверхности моря подвергнет коралловые рифы сильному стрессу и приведет к повышению частоты морских заболеваний.

Люди, живущие на побережье и низкорасположенных островах, окажутся в зоне непосредственного сильного влияния подъема уровня моря и пострадают от экономического воздействия на рыбный промысел, собственность и инфраструктуру, рекреационные средства и т.д.

Рисунок 2. Люди, находящиеся в зоне риска при подъеме уровня моря на 44 см к 2080 гг., допуская степень защиты от наводнений на уровне 90-х годов



Источник: R.Nicholls, Middlesex University in the U.K. Meteorological Office. 1997. *Climate change and its impacts: a global perspective*. Brittanica Crown Copyright.

Что можно сделать?

Ударение в стратегиях адаптации по прибрежным зонам сдвигается от «тяжелых» защитных сооружений (например, дамб) к «мягким» защитным мероприятиям, таким как укрепление пляжей и других природных барьеров. Программы по обеспечению адаптации прибрежных и морских районов могут привести к наилучшим результатам, если будут составляться совместно с планами землепользования и другими национальными стратегиями. Отдельные варианты включают развитие производства устойчивых к наводнениям и солям сельскохозяйственных культур, усиление действий при чрезвычайных обстоятельствах и составление планов мероприятий по ослаблению последствий стихийных бедствий.

Люди и общество

Новые природные условия могут повлиять на продовольственную безопасность

Эффекты глобального потепления на сельское хозяйство будут сильно отличаться по регионам и местностям. Изменения в локальной и региональной температурах, осадках, почвенной влажности, продолжительности солнечных часов и облачности и в таких экстремальных событиях, как шторм и град – все это будет оказывать воздействие. Другие важные параметры будут включать возделываемые виды и сорта, свойства почв, сельхозвредителей и патогенные организмы, качество воздуха.

В общем, ожидается, что умеренные средние широты будут получать больше дождя с глобальным потеплением. Однако среднеконтинентальные районы, такие как зона выращивания зерновых в США и обширные территории Азии, вероятно, высохнут, как и большая часть Австралии. Меньше дождя, более высокие температуры и повышенная эвапотранспирация могут снизить урожайность сельхозкультур на треть или более в этих районах. Даже если повышенная концентрация CO₂ может стимулировать рост культур и урожайность, эти выгоды не всегда могут преодолеть отрицательное воздействие излишнего тепла и засухи.

В тропиках многие культуры уже находятся близко к уровню своей устойчивости к максимальной температуре, а фермеры зачастую не могут проводить поливы из-за нехватки воды. Там, где богарное земледелие зависит исключительно от дождя – как в Сахели – урожайность в целом снизится даже с минимальным повышением температуры. Большие экстремальные значения и сдвиг в зонах распределения осадков могут ухудшить ситуацию с продовольственным обеспечением в Африке.

Хотя изменение климата может быть связано с локальным или региональным дефицитом продовольствия, мир в целом все еще будет производить достаточно продуктов питания, чтобы обеспечить спрос, если глобальное повышение температуры составит менее 2.5°C.

Что можно сделать?

В регионах с умеренным климатом инициативы отдельных фермеров по адаптации должны быть достаточны, чтобы предотвратить потери как сельхозкультур, так и скота и могут даже принести выгоду. В тропиках попытки фермеров предотвратят некоторые, но не все потери.

Фермеры могут адаптироваться, внося соответствующие изменения в сроки сева, выбор культурных сортов растений и в стратегии борьбы с сельхозвредителями и болезнями. Более дорогостоящие и организованные работы – такие как изменение землеустройства и инвестирование ирригационной инфраструктуры – могут далее предотвратить потери, вызванные климатом. Мониторинг климата и прогнозируемых изменений обеспечит большой запас времени на подготовку решений.

Экологические изменения причинят вред здоровью человека

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) определяет здоровье как «состояние полного физического, душевного и социального благополучия, а не только как отсутствие заболевания или недуга». Глобальное изменение климата будет иметь широкий спектр воздействий на здоровье человека, как определено ВОЗ. В целом, ожидается, что отрицательное воздействие превысит положительное.

На здоровье непосредственно повлияют новые режимы тепловых волн и холодной погоды, наводнения и засуха, локальное загрязнение и аллергены. Косвенные эффекты будут исходить из изменений в экологической и социальной системах. Подобные воздействия будут включать изменения в инфекционных заболеваниях, запасах пресных вод, локальном производстве продовольствия, миграции населения и экономической деятельности.

Исследования влияния на здоровье, связанного с изменчивостью климата (особенно с событиями Эль Нино) дают новые доказательства чувствительности благосостояния и здоровья человека по отношению к климату, особенно это касается трансмиссивных болезней и заболеваний, передаваемых посредством воды, например тропической лихорадки и холеры.

Повышение частоты и интенсивности тепловых волн может привести к увеличению смертных случаев и серьезным заболеваниям, особенно среди пожилых людей и городских бедных. Более жаркие условия будут обострены повышенной влажностью и загрязнением воздуха в городах. Исследования предполагают, что в ряде городов США каждое лето в среднем будет несколько сотен дополнительных смертей.

Более частые и сильные штормы, наводнения, засуха и циклоны также нанесут вред здоровью. Эти стихийные бедствия могут привести непосредственно к смертям, увечью и эмоциональному стрессу. Косвенные эффекты будут происходить от потери жилища, загрязнения источников воды, меньшей обеспеченности продуктами питания, повышенного риска эпидемии инфекционных заболеваний (например, диареи и респираторных болезней), ущерба, причиненного инфраструктуре здравоохранения, и вынужденного переселения людей. В последние годы крупные стихийные бедствия, связанные с изменением климата, имели серьезные последствия для здоровья человека, включая ураган Митч, который разорил Центральную Америку в 1998 году, а также наводнения в Китае, Бангладеше, Европе, Венесуэле и Мозамбике.

Изменение климата повлияет на качество воздуха в городах. Более высокие температуры (возможно сопровождаемые повышенным ультрафиолетовым излучением) будут способствовать формированию поверхностного озона, загрязняющего вещества, который наносит вред дыхательной системе человека, а также растениям.

Повышенные температуры и изменения в распределении атмосферных осадков и климатической изменчивости видоизменит, а в некоторых случаях расширит географический диапазон и сезонность трансмиссивных болезней.

Изменение климата может затронуть морскую среду через повышение риска отравления биотоксинами от потребления рыбы и моллюсков. Биотоксины, связанные с более теплыми водами, такие как сигуатера в тропиках, могут расширить свой ареал на более высокие широты. Более теплые моря способствуют более токсичному «цветению» воды, также приводя к отравлению человека. Уменьшение объемов и качества воды может увеличить вспышки диареи.

Учитывая, что около 790 млн. человек уже в настоящее время недоедают, изменения в обеспечении продовольствием в результате изменения климата могут повлиять на питание и здоровье бедных в некоторых регионах. Изолированные районы с плохим доступом к рынку окажутся наиболее уязвимыми к локальным проблемам с продовольственным обеспечением.

Недоедание является главной причиной отсталого физического и умственного развития у детей, низкой продуктивности взрослых и повышенной восприимчивости к инфекционным заболеваниям. Изменение климата обострит эти условия в развивающемся мире, особенно в тропиках.

Что можно сделать?

Негативное воздействие на здоровье можно снизить через социальную, организационную, техническую и поведенческую адаптацию. Независимо от того, что будет происходить с климатом, необходимо усилить программы и службы здравоохранения, а также службы мониторинга. Следует поощрять санитарное просвещение, вакцинацию и другие профилактические меры, надлежащую личную гигиену и некоторые культурные и поведенческие изменения. Важную роль здесь также может сыграть программа ВОЗ Global Water Watch.

Необходимо адаптировать населенные пункты и инфраструктуру

Наводнения, оползни, таяние вечной мерзлоты и подъем уровня моря представляют риск для населенных пунктов по мере изменения климата. Выпадение снега и дожди станут более интенсивными, приводя к сильным и частым наводнениям и селям. Прибрежные штормовые нагоны, ставшие более разрушительными из-за повышенных температур и подъема уровня моря, поставят под угрозу население, живущее в прибрежной зоне. В то время как люди, живущие на берегу реки или побережье моря сталкиваются с очевидными рисками, наводнения в городах вследствие интенсивного выпадения осадков может представлять проблему для всех регионов. Это особенно верно для районов, где устаревшие коллекторы для ливневых вод и системы водоснабжения и канализации уже используются на их полную пропускную способность или плохо содержатся.

Также повышенному риску подвержены скваттеры и другие неформальные городские поселения, где много людей живет вместе в бедном приюте, с ограниченным или без доступа к безопасной воде, канализации и службам здравоохранения и другим ресурсам. Они располагают небольшими возможностями, чтобы избежать наводнений и оползней или спастись от стихийного бедствия во время его развертывания.

Тропические циклоны (также известные как ураганы или тайфуны) и торнадо могут стать более разрушительными в условиях глобального потепления и представлять следующую самую серьезную угрозу после наводнения. Другие риски включают бури, засуху и случайные лесные пожары, которые только усилятся. Тепловые волны повысят заболеваемость и смертные случаи, и будут способствовать интенсивному энергопотреблению вследствие повышенного использования систем кондиционирования. Энергоснабжение также будет затронуто при повреждении линий электропередачи ветром и ураганами. В некоторых регионах сниженная водообеспеченность скажется на выработке гидроэнергии.

Жилищное строительство, дороги, железнодорожные пути, порты и промышленное развитие – особенно при расположении на побережье, берегах рек, холмистой местности или в районах вечной мерзлоты – могут претерпеть наибольший ущерб. Здесь чаще будет требоваться ремонт, реконструкция или переселение.

Общественное устройство и инфраструктура многих городов может столкнуться с повышенным стрессом, поскольку люди будут переселяться из уязвимых районов в центры сосредоточения населения. По мере окружения городских центров трущобами, риски распространения заболеваний будут повышаться. Риск возникновения пожаров может также усилиться в условиях глобального потепления.

В целом, регионы, чей основной доход поступает от базисных отраслей промышленности, таких как сельское хозяйство, лесное хозяйство и рыбный промысел, уязвимее, чем те, которые не так сильно зависят от природных ресурсов.

Что можно сделать?

Ожидается, что населенные пункты смогут легко адаптироваться к изменению климата. Ключевые стратегии по землепользованию, устойчивому развитию строительства и транспортным системам должны включать политики и методы управления, в которых предусмотрен будущий климатический режим. Планы должны учитывать прогнозируемое изменение климата при строительстве населенных пунктов или инфраструктуры – например, размещая площадки промышленных и городских отходов подальше от территорий возможного затопления.

Усиление экологического планирования и управления в мире изменяющегося климата может включать выпуск новых средств контроля наводнения, больший упор на управлении спросом и сокращении объема отходов, поддержка районирования со смешанным использованием земель и экологически чистых транспортных систем (особенно для пешеходов и велосипедистов) и проведение исследований потенциала и экологического аудита. Многие города уже используют комбинацию этих стратегий для развития своей «Местной повестки дня 21». Они затронут перечень городских проблем, которые могут быть тесно взаимосвязаны с будущим изменением климата.

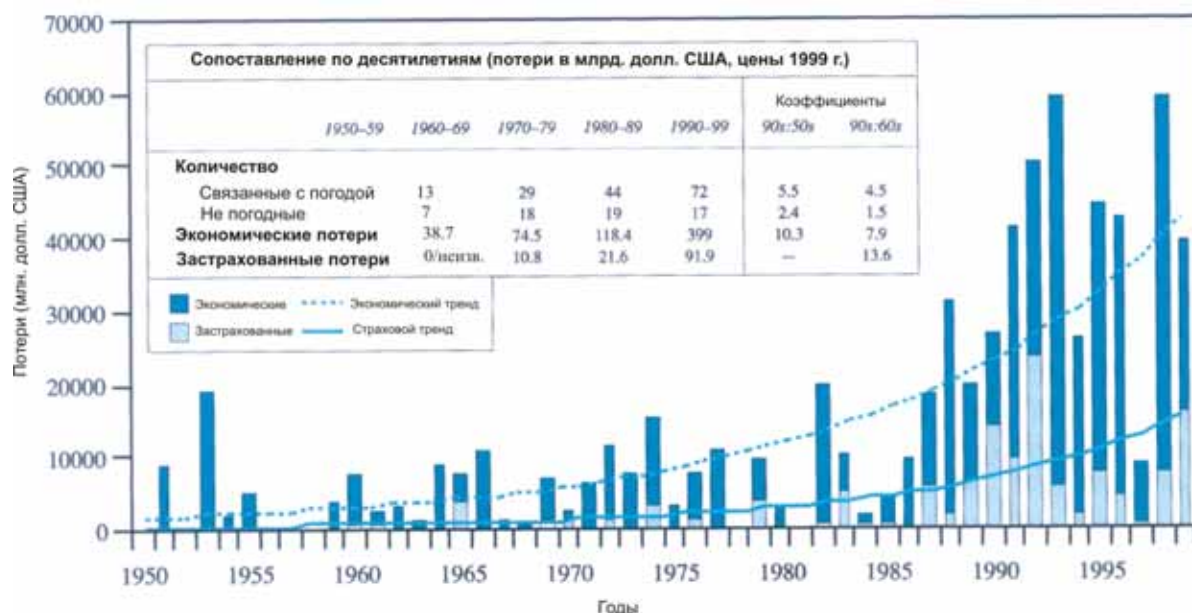
Экстремальные погодные явления поднимут расходы

Стоимость экстремальных погодных явлений быстро растет. С 1960 года число глобальных стихийных бедствий выросло в четыре раза, реальные экономические потери в семь раз, а вытекающие потери в двадцать раз. По оценкам фактические потери выросли с 3,9 млрд. долл. США в год в 50-х до 40 млрд. долл. США в год в 90-х.

Часть увеличения потерь от стихийных бедствий можно объяснить несдержанным ростом населения, неправильным планированием землепользования (например, строительство в поймах или на территориях, подверженных эрозии или береговым штормам), растущей финансовой стоимостью домов и инфраструктуры и наличием страховки. Однако здесь свою роль также могут сыграть изменение климата и обостряющиеся экстремальные погодные явления, такие как ветровые бури, наводнения и засуха.

Последние события показали, что потери, вызванные погодными условиями, могут разорить страховые компании, которые могут в ответ повышать страховые премии и изымать страховое покрытие из уязвимых секторов и регионов. Это может привести к увеличению требований на финансируемые со стороны государства компенсации и помощь.

Рисунок 3. Тенденции изменения затрат для катастрофических явлений



Источник: "Climate change 2001: impacts, adaptation and vulnerability", стр. 42
 IPCC, Cambridge University Press, 2001

Развивающиеся страны являются наиболее уязвимыми к стихийным бедствиям. Для большинства из них риски, связанные с погодными явлениями, могут стать нестрахуемыми, премиальные цены могут значительно вырасти, либо

страхование прекратит свое существование или страховку будет тяжело получить. Страны, уже находящиеся в затруднении с обеспечением необходимого продовольствия, безопасной воды и приюта, имеют мало возможностей для покрытия дополнительных расходов, вызванных стихийными бедствиями. Вероятно к общим затратам добавится внутренняя миграция.

Что можно сделать?

Ущерб, причиненный экстремальными явлениями, может быть снижен путем тщательного и согласованного планирования. Здесь полезными могут быть эффективное планирование землепользования, муниципальные кодексы, обязывающие проектировать здания, устойчивые к сильным ветрам и просадке грунта, комплексные стратегии берегового управления и системы раннего оповещения, например такие, которые уже действуют на территориях, подверженных действию ураганов.

Индустрия страхования может помочь, находя творческие решения к расширяющемуся списку рисков, тем самым, сохраняя страховое покрытие и удерживая его на доступном уровне. Развивающимся странам потребуется более широкий доступ к страхованию. Здесь также может помочь передача технологий и повсеместное внедрение схем микро-финансирования и предоставление банковских займов на развитие.

Заключение: будьте готовы к адаптации

Текущие международные споры по изменению климата сосредоточены на задаче снижения эмиссии парниковых газов. Это имеет смысл: если мы в ближайшее время не начнем сокращать эмиссии, концентрация теплоудерживающих газов в атмосфере будет продолжать расти, повышая вероятность и усиливая воздействия, описанные выше.

Однако это не означает, что мы не должны уже сейчас планировать способы адаптации к более жаркому климату. Планирование адаптации может и должно дополнять усилия по сокращению эмиссий, и чем раньше мы начнем, тем больше мы сократим общие затраты. Это особенно верно в отношении многих крупномасштабных и дорогостоящих решений, например, какого типа здание или дорогу построить, где разместить новый заповедник, или когда заменить или переместить электростанцию. Многие решения по инвестированию и планированию, принимаемые в настоящее время, могли бы сильно повлиять на расходы, связанные с адаптацией в ближайшие десятилетия и на наличие возможных вариантов для будущих поколений. В некоторых случаях заблаговременное планирование может гарантировать, что усилия по адаптации могут принести большую выгоду при низких затратах или даже их полном отсутствии.

Еще одно преимущество состоит в том, что многие меры по адаптации помогут людям независимо от того, изменится ли климат. Например, адаптация к текущим климатическим рискам, таким как засуха и шторма, принесет непосредственную пользу для самого уязвимого в настоящее время населения, а также выгоды, которые будут оценены будущими поколениями. Аналогично, меры по адаптации могут быть включены в программы, которые затрагивают существующие стрессы, не связанные с климатом, такие как потеря биоразнообразия.

Чем больше сегодня мы укрепляем наше общество и работаем в направлении более здоровой природной среды, тем лучше подготовленным и устойчивым будет наш мир в будущем.

Несомненно, как природные, так и социальные системы будут в некоторой степени адаптироваться самопроизвольно. Однако такая адаптация будет недостаточной для многих регионов и секторов. Даже запланированная адаптация не затронет все аспекты воздействия. Некоторые уникальные и уязвимые природные и социальные системы (например, аборигены) могут безнадежно пострадать, если изменение климата выйдет за пределы некоторой пороговой величины. Особенно сложно будет реагировать на риски, связанные с экстремальными погодными явлениями и невероятные, но возможные крупномасштабные единичные события, например разрушение ледового щита западной Антарктики или остановка так называемого Гольфстрима.

Основная проблема, с которой мы сегодня сталкиваемся, состоит в том, что до сих пор имеется много неопределенностей в отношении воздействий изменения климата и наших вариантов адаптации к ним. Просто есть слишком много параметров – таких как рост населения, экономика, технологии и экологический стресс – которые, подобно климату, будут изменяться с течением времени. Как нам отделить причину от следствия? Каково будет общее последствие при накоплении во времени и взаимодействии различных отдельных воздействий?

Рисунок 4. Типы и примеры адаптации к изменению климата

		Упреждающая	Ответная
Природные системы			▪ Изменения в продолжительности вегетационного периода ▪ Изменение в составе экосистемы ▪ Перемещение ветландов
Социальные системы	Частная	▪ Приобретение страховки ▪ Строительство домов на сваях ▪ Перепроектирование нефтяных вышек	▪ Изменение практики земледелия ▪ Изменение страховых премий ▪ Приобретение кондиционеров
	Государственная	▪ Системы раннего оповещения ▪ Новые строительные кодексы, проектные стандарты ▪ Стимулы для переселения	▪ Компенсационные выплаты, субсидии ▪ Обеспечение выполнения строительных кодексов ▪ Искусственное отложение наносов в прибрежной зоне

Источник: “Climate change 2001: impacts, adaptation and vulnerability”, стр. 42
IPCC, Cambridge University Press, 2001

Чтобы лучше понять, как глобальное потепление повлияет на социальные и природные системы, и как мы можем минимизировать отрицательные последствия, МГЭИК будет продолжать оценку основных результатов и неопределен-

ностей во всех областях изучения изменения климата. Ее четвертый оценочный отчет, который будет выпущен в 2007 году, обозначит наше улучшенное понимание о том, как работает климатическая система и как адаптироваться к изменению климата и построить устойчивую экономику. В оценке МГЭИК в отношении слабых мест и воздействий будут использоваться эти знания и другие соответствующие результаты, чтобы обрисовать более подробную картину будущего изменения климата, особенно на региональном уровне.

Новая оценка МГЭИК также затронет вопросы, связанные с растущей обеспокоенностью человечества относительно доступа к пресной воде и сосредоточится на том, как воздействия климата и стратегии адаптации могут быть увязаны с потерей биоразнообразия, опустыниванием, истощением озонового слоя и другими негативными трендами. Этот комплексный подход обеспечит лиц, принимающих решения, более полезной, стратегически ориентированной информацией о том, как можно адаптироваться к будущему изменению климата и достичь других, согласованных на международном уровне целей по окружающей среде и развитию.

Хотя задачи, которые стоят перед исследователями, безграничны, понимание и адаптация к изменению климата должны рассматриваться как жизненно важный приоритет. Большую часть воздействия от изменения климата испытают на себе будущие поколения. К счастью, нынешнее поколение может сделать многое, чтобы свести к минимуму их риски и облегчить их задачу адаптации к миру изменения климата.

Региональные сценарии

Африка	В следующем тысячелетии в Восточной Африке будет выпадать больше осадков, чем в южной Африке, которая вероятно станет намного засушливее. Дефицит воды и продовольствия, вероятно, усилится по всей Африке, как и наводнения и штормы. Опустынивание останется главной угрозой в аридных и полуаридных регионах.
Азия	В то время как в северных и средних широтах Азии будет наблюдаться резкий рост производства культур, многие развивающиеся страны Южной и Юго-западной Азии столкнутся с падением производства продовольствия из-за невыносимо высоких температур и уменьшения количества осадков и водообеспеченности. В аридной и полуаридной Азии более высокие температуры и повышенное испарение сильно повлияют на урожайность риса.
Австралия и Новая Зеландия	Дальнейшее уменьшение дефицитных водных ресурсов и повышение температуры для культур, которые уже растут в условиях, близких к их максимальной жароустойчивости, повлияет на производство продовольствия в аридной Австралии. Новая Зеландия, климат которой более прохладный и влажный, вначале выиграет, по крайней мере, от повышенных температур, особенно в более южных регионах.

Европа	Изменяющийся климат иссушит юг и повысит сельхозпроизводство в центральных и северных районах. Полярный ландшафт будет постоянно меняться по мере таяния льда и вечной мерзлоты, тундра высохнет, а леса переместятся на север. Основными слабыми местами региона будут вода и земля, полустественные экосистемы и леса, сельское и рыбное хозяйство.
Латинская Америка	Амазонские тропические леса высохнут. Это будет способствовать распространению лесных пожаров на расширяющихся площадях разрушенных лесов, и угрожать богатому биологическому разнообразию континента. Если, как выглядит вполне убедительно, явление Эль Нино участится, климат в северной Амазонии, северо-восточной Бразилии и Перуанско-Боливийском Альтиплано станет сухим. Андские ледники будут сокращаться, а засуха в Мексике станет более частым явлением.
Северная Америка	Ожидается, что наводнения, засуха, шторма и оползни усилятся по частоте, степени тяжести и продолжительности. Зимой будет очень мало морозных дней, летом больше очень жарких дней, усилятся береговая эрозия и чрезвычайные ситуации от повышения уровня в море и крупных штормов, ливней и снегопадов. Великие равнины США и канадские прерии могут столкнуться с сильной засухой, но в целом производство продовольствия в Северной Америке вырастет.
Небольшие островные государства	Десятки тысяч небольших островов, разбросанных по океанам мира, особенно уязвимы к изменению климата. Большинство из них поднимаются только на один-два метра над уровнем моря. Помимо подъема уровня воды в море, их риски включают более сильные шторма, значительное уменьшение количества осадков над некоторыми районами океана и невыносимо высокие температуры.

ГЛОБАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ: ЧТО ДЕНЬ ГРЯДУЩИЙ НАМ ГОТОВИТ?

Н. Данилов

Снег во второй половине мая уже становится привычным явлением; снежные заносы в конце мая - начале июня - далеко не фантастика. Тот факт, что длинная осень и мягкая зима вдруг сменяются неделкой другой сибирских морозов, воспринимается уже чуть ли не как обыденность. Конечно, можно услышать сетования на погоду, которая сходит с ума, но в целом люди привыкли к сбою в сезонных изменениях погоды. Эти нарушения природных циклов являются всего лишь первой ласточкой в череде последствий глобального потепления.

Изменения климата: основные тенденции и последствия для Севера. Большинство ученых рассматривают глобальное потепление, как следствие деятельности человека, а именно - увеличения выброса парниковых газов в атмосферу. Нельзя говорить о единодушии ученой братии по этому вопросу. Некоторые считают, что изменения климата - это закономерный процесс, не зависящий от человечества. Но давайте согласимся с основной версией хотя бы исходя из демократического принципа большинства.

Приполярный регион нашей планеты наиболее восприимчив к изменениям климата. Темпы роста среднегодовой температуры в Приполярном мире почти в два раза выше, чем в остальном мире. Т.о., уважаемые северяне, все вы обеспечены местами в партере на премьере трагедии "глобальное потепление и его последствия".

В СМИ, как правило, говорится лишь об одном последствии глобального потепления - повышение уровня моря вследствие таяния полярных льдов. Конечно, возможное затопление крупного куска суши (включая такие города, как Нью-Йорк и Лос-Анджелес) - это серьезная угроза, но далеко не единственная. Помимо нового Всемирного потопа, глобальное потепление готовит нам и другие, не менее "приятные" сюрпризы.

Выше говорилось о нарушениях в сезонных изменениях погоды, но это только начало. Климатические изменения приведут к нарушению природных циклов. В обозримом будущем такие понятия как "норма осадков" и "средняя температура" для определенного сезона утратят свою значимость. Сложно будет предсказывать погоду на сезоны, в один год зима может быть теплой - "европейской", а на следующий год "сибирской", в лучших традициях "генерала мороза".

Прошу прощения за неточность, некоторая стабильность будет наблюдаться - толщина снежного покрова будет уменьшаться из года в год. За последние 30 лет она уже сократилась на 10%, а к 2070 году ожидается "истаивание" снежного слоя еще на 10-20%. По прогнозам АСИА, снега будет заметно меньше, зато значительно увеличится количество осадков в виде дождя.

Но вернемся к глобальному потеплению и всеми любимому "Новому Великому потопу". К концу века по различным оценкам ожидается рост среднегодовой температуры на 5-7° С. В результате таяния льдов, уровень воды в мировом океане может увеличиться почти на 1 метр. 15% этого "пополнения" составят растаявшие льды Арктики. Будет затоплен крупный кусок суши, но далеко не её большая часть. Но! Процесс таяния льдов на этом не остановится. Назвать объёмы полярных ледников гигантскими, значит, ничего не сказать. Даже глобальному потеплению не под силу полностью их растопить. Ледяной покров Арктики лишь сократится, а исчезнет он лишь у берегов, основные массы льда "отступят" на Север. Чтобы дать представление о масштабах надвигающейся катастрофы, приведу лишь один факт. Если растают только Гренландские ледники, то уровень воды в Мировом океане поднимется на : 7 метров! Может, стоит задуматься над приобретением домика в горах? Или начать строить ковчег?

В своих далеко не радостных прогнозах ученые отмечают, что побережье Северного Ледовитого Океана будет подвержено разрушающему воздействию штормов, после того как льды отступят к полюсу. Сегодня именно ледяной покров сдерживает бурную морскую стихию.

Еще один момент. Темпы потепления будут расти параллельно с процессом таяния льдов. Сокращение ледяного покрова приведет к уменьшению альбедо (т.е. способности земной поверхности к отражению солнечных лучей). Солнечные лучи отражаются ото льдов, как от громадного зеркала. Когда ледяной покров сократится, эти же самые лучи будут поглощаться почвой и водой. Земля и океан начнут ускоренно прогреваться.

Огромное количество пресной воды, как результат таяния арктических льдов и снегов, приведет к изменению солености и, соответственно, плотности морской воды. В результате морские течения могут серьезно измениться, что, в свою очередь, может привести к серьезным климатическим изменениям во всем мире. Возьмем хотя бы Гольфстрим, которому Западная Европа обязана своим мягким климатом. Если это теплое течение сместится в сторону от континента, то для кого-то глобальное потепление обернется похолоданием. С Гольфстримом связан еще один любопытный факт - в последнее время наблюдается снижение температуры его вод, в чем многие видят попытку природы собственными силами приостановить потепление.

Таяние вечной мерзлоты тоже не обещает ничего хорошего. Появятся новые озера, и огромные территории будут заболочены. Твердая, как камень, промерзшая земля превратится в трясину.

Влияние глобального потепления на растительный и животный мир Севера. Столь кардинальные климатические изменения не могут не оказать влияние на флору и фауну Приполярного мира. Сокращение ледяного покрова в Северном Ледовитом Океане ставит под угрозу существование нерп и белых медведей, которые как раз ими в основном и питаются.

Как точно подметили представители Всемирного фонда дикой природы (WWF), белые медведи ходят по тонкому льду в прямом и переносном смысле и могут исчезнуть как вид к концу 21-го века. Та же участь ждет и других представителей животного мира Севера. Причина их исчезновения не только в изменении

климата, но и в экспансии представителей фауны умеренных широт. Новые животные и принесут новые заболевания, к которым у коренных обитателей Севера нет иммунитета. К тому же рост озоновых дыр или, как говорят на Западе, истощение озонового слоя ведет к усилению ультрафиолетового излучения, которое губит все живое:

В целом изменения в растительном и животном мире Приполярного региона можно характеризовать слегка видоизмененным лозунгом "Дранг нах Норд". Леса продвинутся далеко на север, зона тундры и лесотундры сместится на территории современных "арктических пустынь". Даже льды, как уже говорилось, сместятся к полюсу от побережья. С первого взгляда ничего страшного не ожидается, наоборот, "одна сплошная выгода": увеличение площади лесов приведет к увеличению объемов поглощаемого растениями CO₂, к тому же появляются дополнительные возможности для развития лесопромышленного комплекса.

Сложно отрицать положительные последствия глобального потепления. Мы все прекрасно знаем, что у каждой медали есть обратная сторона и однозначно негативных и позитивных явлений попросту не существует. Все зависит от соотношения "плюсов" и "минусов". О "плюсах" уже было сказано, теперь о "минусах". Поглощение новыми лесами CO₂ не сможет привести к снижению парникового эффекта, не те масштабы; более того, леса не смогут нейтрализовать те объемы метана и других парниковых газов, которые выбрасываются в атмосферу оттаивающей тундрой.

Да и само увеличение площади лесов нельзя назвать значительным. В условиях климатических изменений выживут лишь леса, "шагнувшие" на Север. Т.н. "старые леса" (т.е. современные) постепенно засохнут. Помимо собственно потепления, причиной их гибели будет резкое увеличение популяции насекомых (нам что ли своих комаров мало?) и, в первую очередь, паразитов, которые и погубят большинство деревьев.

Еще одна угроза растениям и животным - уменьшение из года в год снежного покрова в сочетании с непредсказуемостью погоды. Думаю, что не надо объяснять, чем чреват сильный мороз в малоснежную зиму.

Что сулит глобальное потепление человечеству? Для начала перечислим немногочисленные положительные последствия климатических изменений:

- увеличение периода навигации по Северному морскому пути с одного месяца в год до четырех;
- облегчение разработок шельфовых месторождений нефти и газа в связи исчезновением ледяного покрова у побережья;
- временная активизация деятельности лесопромышленного комплекса;
- дополнительные возможности для рыболовства (потепление привлечет на Север новые "южные" породы рыб).

Вот, пожалуй, и все "плюсы", но негативные последствия многократно превосходят их даже по одним экономическим показателям. Высыхание лесов ведет к повышению пожароопасности в регионе, и лесные пожары до сих пор наша головная боль.

Таяние вечной мерзлоты и общее потепление заставит забыть, что такое зимник. Придется строить не только дороги, а создавать "с нуля" всю систему коммуникаций, т.к. твердая, как камень, промерзшая земля превратится в сплошную зону болот. Строительство новых дорог - это, конечно, серьезно, особенно для России, но давайте вспомним о газо- и нефтепроводах. Что их ждет, когда земля в прямом смысле начнет уходить из-под ног, в смысле - опор? Словосочетание «нефтяные поля» приобретет несколько иное значение. Пожалуй, хватит об экономике, человек, как и любое другое биологическое существо, подвержен негативному воздействию постоянно увеличивающегося ультрафиолетового излучения. Ученые прогнозируют, чуть ли не эпидемии офтальмологических заболеваний и рака кожи.

Выше уже говорилось об увеличении численности насекомых. Конечно, гнус и комары вещь не самая приятная, но угроза намного серьезнее, чем кажется. Насекомые - основные разносчики инфекций и поэтому в обозримом будущем нас ждут такие эпидемии. Конечно, до средневековых моровых поветрий им далеко, но ежегодные эпидемии гриппа будут вспоминаться, как потерянный рай. Ну и для полного счастья нам обещают буйство стихии - шторма, ураганы, наводнения и пожары. Вот такое оно, "светлое будущее".

(Источник: ИА "RUSNORD" <http://www.rusnord.ru/20607>)

ПОТЕПЛЕНИЕ УЖЕ РЯДОМ

А. Весна

В увеличении скорости потепления сыграет роль выделение углекислого газа из естественных экосистем.

Ученые часто говорят о неотвратимости и опасности глобального потепления, и, казалось бы, к этому давно все привыкли. Однако, согласно новейшим исследованиям, глобальное потепление будет более резким и приведет к более серьезным последствиям, чем считалось ранее. Две группы ученых, выдвинувшие это предположение, использовали данные о температуре воздуха на Земле, оставленные нам историей.

По их расчетам вероятное ускорение процесса глобального потепления приведет к высвобождению углекислого газа из экосистемы планеты. Обе группы независимо друг от друга пришли к заключению, что нынешние прогнозы темпов потепления занижены. Согласно новым данным процесс будет на 75% разрушительнее.

Все исследования будут опубликованы в журнале *Geophysical Research Letters*, сообщает ВВС. Они противоречат общепринятой точке зрения, которой придерживается Межправительственный совет по изменению климата – организация, которой поручено изучать и анализировать исследования в этой сфере.

Совет предсказывает, что средняя температура на планете поднимется на 1,5 - 4,5 градуса, если в результате человеческой жизнедеятельности выброс углекислого газа в атмосферу удвоится. Эти расчеты основаны на влиянии углекислого газа на парниковый эффект и различных побочных причин, которые ускоряют потепление, таких, например, как снижение отражающей способности поверхности планеты в результате таяния льдов.

Однако новейшие исследования добавляют еще один фактор – выделение углекислого газа из естественных экосистем, например из почвы, которое возрастает с ростом температуры.

Эти расчеты основаны на исторических данных. Периодические потепления атмосферы в прошлом сопровождалась более высокой концентрацией углекислого газа, которая вновь уменьшалась с падением средних температур.

Согласно этой теории в более теплое время экосистемы удерживают меньшее количество углекислого газа. Американские ученые обобщили данные за 400 тысяч лет, изучив структуру ледника «Восток» в Антарктиде. Их европейские коллеги построили свои расчеты на исследовании более короткого периода в середине прошлого тысячелетия, когда наблюдалось относительное похолодание в Северном полушарии.

Европейские ученые пришли к выводу, что существующие сейчас расчеты перспектив глобального потепления занижены на 15% – 78%. Американцы представили выводы в другой форме, предсказав максимально возможное потепле-

ние в этом веке на 7,7 градусов Цельсия. Ученые заявили, что выводы двух групп различаются ненамного и что, в общем-то, нет повода для оптимизма.

Между тем в феврале нынешнего года потепление в Северном полушарии достигло своего 120-летнего пика. Таким образом связь глобального потепления с выбросом в атмосферу тепличных газов получила еще одно доказательство.

Исследователи из университета Восточной Англии сравнили нынешнюю температуру с данными недавнего и далекого прошлого, основываясь на изменениях в окаменелостях, древесных кольцах и в составе льда. Кроме того, ученые использовали дневниковые записи жителей Европы за последние 750 лет.

Тимоти Осборн и Кит Бриффа проанализировали данные о температуре с 1856 года до наших дней, а потом сравнили их с 800 годом нашей эры. Результаты анализа подтвердили, что в Северном полушарии были периоды значительного потепления, например, с 890 по 1170 годы н. э., равно как и значительного похолодания с 1580 по 1850 годы.

Однако нынешнее потепление – самая распространенная аномалия начиная с IX века н. э. «Особенно отличились последние 100 лет, – сказал Тимоти Осборн в интервью BBC. – Рост температуры наблюдается практически во всех записях».

Ученые использовали наблюдения за изменением температуры в 14 различных точках Северного полушария. Среди прочего они анализировали древесные кольца вечнозеленых деревьев Скандинавии, Сибири и Скалистых гор США: более широкие кольца свидетельствовали о более высокой температуре. В свою очередь анализ химического состава основания ледников Гренландии показал, какие годы были теплее.

Публикации Тренингового центра МКВК, вып. 13
Изменение климата: вопросы и ответы

Составитель - Беглов И.Ф.
Редактор - Ананьева Н.Д.
Верстка и макет – Турдыбаев Б.К.
Дизайн серии - Беглов И.Ф.

Предыдущие выпуски серии

- № 1 Экологические попуски, 2003
- № 2 Всемирный Водный Совет, 2004
- № 3 Совершенствование управления водными ресурсами в США, 2004
- № 4 Международная комиссия по ирригации и дренажу, 2004
- № 5 Экологическое управление: мировой опыт, 2004
- № 6 Кое-что о воде Канады, 2004
- № 7 Устойчивое управление подземными водами: концепции и инструменты, 2004
- № 8 Стратегическое планирование и устойчивое управление развитием водных ресурсов в Центральной Азии, 2004
- №9 Водные ресурсы Японии, 2005
- №10 Учет гендерных факторов при управлении водными ресурсами. Реальный путь к устойчивости: руководство ПРООН по ресурсам, 2005
- №11 Изменение климата: касается каждого, 2005
- №12 Изменение климата: что говорит наука, 2005

Подготовлено к печати и отпечатано
в Научно-информационном центре МКВК

Республика Узбекистан, 700 187, г. Ташкент,
м-в Карасу-4, д. 11, НИЦ МКВК

<http://sic.icwc-aral.uz>

Предложения и замечания просим направлять по адресу

info@icwc-aral.uz